

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ-TECHNICKÁ UNIVERZITA
OSTRAVA

Hornicko-geologická fakulta
Institut geodézie a důlního měřictví

Zátěžová zkouška mostu silnice II/247 Litoměřice přivaděče
k průmyslové zóně Prosmyky I.část

Load Test of Bridge on the Road II/247 Litoměřice Conduit to the
Industrial Area Prosmyky I. Part.

Diplomová práce

Autor:

Bc. Kristýna Lérová

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Václav Mikulénka Ph.D.

Ostrava 2010

Prohlášení

- Celou diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.
- Byla jsem seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnutou licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 27.4.2010

Bc. Kristýna Lérová

.....
podpis autora

Děkuji

Vedoucímu diplomové práce Ing. Václavu Mikulenkovi Ph.D. za vedení diplomové práce.

Dále děkuji Ing. Lucii Vřešťálové, Ing. Janu Vřešťálovi, Ing. Petru Komancovi a vedení firmy KERS s.r.o. za rady a vybavení poskytnuté k vypracování diplomové práce.

Seznam zkratek:

GNSS - globální navigační satelitní systém

RTK - real time kinematic

SIS - soustava inkrementálních snímačů

SO - stavební objekt

SVB - sledovací výškový bod

ZS - zátěžový stav

Anotace:

V diplomové práci je řešena statická zátěžová zkouška mostu SO 204 přes řeku Labe v Litoměřicích. Měření se skládá z přípravných prací na mostě a v jeho okolí a ze zjišťování výšek sledovacích bodů. Metody použité pro zaměření svislých posunů byly přesná geometrická nivelace a měření soustavou inkrementálních snímačů. Pomocí těchto metod byly měřeny svislé posuny jednotlivých výškových sledovacích bodů na mostní konstrukci. Svislé posuny na sledovacích bodech při různých způsobech zatížení jsou uspořádány v tabulkách a grafech. Na základě výsledků měření byl most uveden do trvalého provozu.

Klíčová slova:

geodézie, zátěžová zkouška mostu, výškové měření, svislé posuny

Summary:

Graduation theses solves load test of bridge SO 204 over the river Labe in town Litomerice. Survey content advance working on the bridge and also altimetry of watchpoints. There was used direct precise levelling and tensiometr method to survey vertical shift. Vertical shift of all watchpoints on bridge structure was survey by this method. Vertical shifts of watch points in various load modes are tabulate and display in graphs. The bridge was open on the basis of survey results.

Keywords:

Surveying, load test of the bridge, altimetry, vertical shifts

Obsah

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Úvod..... | 1 |
| 1.1 | Lokalizace území..... | 2 |
| 1.2 | Účel stavby nového mostu | 3 |
| 2 | Technické parametry mostu | 3 |
| 2.1 | Základní parametry mostu..... | 3 |
| 2.2 | Konstrukce mostu..... | 4 |
| 3 | Zátěžová zkouška mostu | 5 |
| 3.1 | Účel zátěžové zkoušky | 5 |
| 3.2 | Podklady pro měření | 5 |
| 3.3 | Rozsah zátěžové zkoušky | 6 |
| 3.3.1 | Rozsah měření průhybů..... | 6 |
| 3.4 | Rozpis průběhu zátěžové zkoušky | 7 |
| 3.5 | Zatížení použité při zátěžové zkoušce..... | 9 |
| 4 | Geodetické měření..... | 11 |
| 4.1 | Přípravné práce..... | 11 |
| 4.1.1 | Přístroje a pomůcky..... | 11 |
| 4.1.2 | Metoda RTK..... | 12 |
| 4.1.3 | Parametry GNSS | 13 |
| 4.1.4 | Postup přípravných prací..... | 14 |
| 4.1.5 | Soustava kontrolních bodů | 15 |
| 4.2 | Měření deformací | 17 |
| 4.2.1 | Přístroje a pomůcky..... | 18 |
| 4.2.2 | Komparace latí | 18 |
| 4.2.3 | Technické parametry nivelačního přístroje | 18 |
| 4.2.4 | Metodika měření | 19 |
| 4.2.5 | Symetrické zatížení | 20 |
| 4.2.6 | Asymetrické zatížení | 22 |
| 4.2.7 | Závěr přesné nivelace | 24 |
| 4.2.8 | Časová a personální náročnost | 25 |
| 5 | Měření pomocí soustavy inkrementálních snímačů | 25 |
| 5.1 | Průběh měření soustavu inkrementálních snímačů | 26 |
| 6 | Zpracování a výsledky měření | 27 |
| 6.1 | Postup zpracování | 28 |
| 6.2 | Výpočet svislých posunů a jejich znázornění pomocí podélných profilů..... | 29 |
| 6.2.1 | Symetrické a asymetrické zatížení v poli číslo 5 | 29 |
| 6.2.2 | Symetrické zatížení v polích číslo 6 a 7 | 34 |
| 6.3 | Grafické znázornění příčných profilů: | 38 |
| 6.4 | Porovnání hodnot naměřených přesnou nivelací a soustavou inkrementálních snímačů..... | 43 |
| 7 | Závěr..... | 44 |
| 8 | Seznamy | 45 |
| 8.1 | Použitá literatura | 45 |
| 8.2 | Seznam obrázků | 46 |
| 8.3 | Seznam tabulek | 48 |
| 8.4 | Seznam příloh..... | 49 |

1 Úvod

Statická zatěžovací zkouška mostu v Litoměřicích byla prováděna pro účely ověření statické funkce mostního objektu. Na základě podkladů dodaných statikem bylo provedeno sledování mostní konstrukce, a to ve dvou polích na předpolí a v hlavním závěsném poli. Při samotné zátěžové zkoušce byly zjišťovány pružné a trvalé deformace nosné konstrukce a také tvar deformace příčného řezu nosné konstrukce. Naměřené veličiny byly porovnány s předem vypočtenými teoretickými hodnotami. Předpokládané velikosti svislých posunů byly dodány projektantem stavby. Hodnoty byly zjišťovány metodami výškového měření, a to přesnou nivelací. Druhou použitou metodou je měření speciálními inkrementálními snímači. Dále byly obhlídkou prošetřeny případné výskyty trhlin a poklesy spodní stavby. Cílem zátěžové zkoušky bylo zaměření mostní konstrukce při plném zatížení v symetrickém i asymetrickém zátěžovém stavu.

1.1 Lokalizace území

Stavba: II/247 Litoměřice-privaděč k průmyslové zóně Prosmyky I.část

Název mostu: Cháberův most

Objekt: SO 204 Přemostění Labe

Obec: Litoměřice, Prosmyky, Mlékojedy

Katastrální území: Litoměřice, Prosmyky, Mlékojedy

Kraj: Ústecký

Pozemní komunikace: Přeložka silnice II/247

Přemost'ované překážky: inundační území, řeka Labe, trať ČD Děčín-Všetaty, obslužná komunikace, potahové stezky, přístupová cesta k objektu Povodí Labe s.p.

Staničení silnice II/247: km 2,813

Úhel křížení: s řekou cca 100g



Obr. č.1 Lokalizace mostu

Most určený k zátěžové zkoušce byl nazván Cháberův most. Nachází se v Ústeckém kraji, městě Litoměřice, v katastrálních územích Litoměřice, Prosmyky a Mlékojedy. Most tvoří přemostění řeky Labe přes západní okraj Písečného ostrova.

Trasa komunikace, jejíž součástí je i Cháberův most, vede od křižovatky dálničního přivaděče se silnicí Terezín-Lovosice k Prosmykám a dál podél řeky Labe k Mlékojedům. Cháberův most je umístěn asi 1500m od staršího Tyršova mostu, po proudu řeky. [8]

1.2 Účel stavby nového mostu

Nový most má sloužit k nahrazení již zastaralého Tyršova mostu, který již nevyhovoval požadavkům automobilové dopravy. Mosty jsou nedaleko od sebe, což je výhodou pokud jeden z nich bude uzavřen např. kvůli dopravní nehodě. Přes Tyršův most denně projíždělo přes 25 000 aut, a proto prvotním účelem nového Cháberova mostu bylo rozmělnit dopravu. Cháberův most má sloužit také jako ochrana před povodněmi. Je konstruován tak, aby vydržel nápor více než 100leté vody. Silnice jež vede k mostu od Lovosic poslouží jako protipovodňová hráz. Všechny silnice, které vznikly v posledních 3 letech, jsou vedeny po vyvýšených náspech a mají zadržet rozlévající se vodu. [10]

2 Technické parametry mostu

2.1 Základní parametry mostu

Délka přemostění: 580,0m

Délka mostu: 607,90m

Délka nosné konstrukce: 584,50m

Počet polí: 7

Rozpětí jednotlivých polí: 43,0 + 64,0 + 72,0 + 90,0 + 151,0 + 102,0 + 60,0 m

Šikmost mostu: kolmý

Šířka nosné konstrukce: proměnná, 14,50–17,50 m

Šířka mostu mezi římsami: proměnná, 9,50–12,50 m

Šířka chodníku: oboustranný(vlevo cyklostezka), 2,25m

Výška nosné konstrukce: proměnná, 3,50–7,50 m

Výška mostu nad terénem: 5,8-13,0m

Plocha nosné konstrukce mostu: 8 695 m²

2.2 **Konstrukce mostu**

Konstrukčně se jedná o komorový most z předpjatého betonu s horní mostovkou. Délka nosné konstrukce je 584,50 m a celková délka činí 607,90 m. Most je řešen jako spojitý nosník o sedmi polích a má dva jízdní pruhy. V místě přemostění řeka sestává ze dvou říčních ramen – hlavního ramene s plavební dráhou a slepého bočního ramene. Založení mostu je hlubinné na velkopřůměrových vrtaných pilotách. Spodní stavba je tvořena soustavou stěnových pilířů a opěr. Opěry i pilíře jsou železobetonové. Výšky pilířů se pohybují od 5,1 m do 13,1 m. Šířka nosné konstrukce se mění od 14,5 m do 17,5 m a celková šířka mostu se pohybuje od 15,0 m do 18,0 m. Na okrajích mostu jsou umístěna zábradelní svodidla. Na levé mostní římse, kde je vedena cyklostezka, je zábradlí. V poli č.7 je zábradlí nahrazeno protihlukovou stěnou, která slouží k zamezení nebezpečného dotyku nad tratí ČD. Na pravé římse je umístěna protihluková stěna po celé délce. Protihluková stěna plní také funkci zábradlí. [11]



Obr. č.2 Zatěžovaný most

3 Zátěžová zkouška mostu

Zátěžové zkoušky se obvykle dělí podle způsobu a druhu zatížení na:

- a) Statické zatěžovací zkoušky, při nichž zkušební zatížení vyvozuje na mostní konstrukci statické účinky.
- b) Dynamické zatěžovací zkoušky, při nichž zkušební zatížení vyvozuje na mostní konstrukci dynamické účinky.

Toto rozdělení bylo přejato z [5]. Pro náš případ zátěžové zkoušky byla použita varianta a).

3.1 Účel zátěžové zkoušky

Účelem navržené statické zátěžové zkoušky je ověření statické funkce mostní konstrukce. Toto ověření bylo provedeno sledováním konstrukce mostu ve dvou polích, na předpolí a v hlavním závěsném poli. [7] V rámci zátěžové zkoušky byl sledován:

- Poměr zaměřených prostých deformací nosné konstrukce k teoreticky stanoveným.
- Poměr velikosti trvalé deformace nosné konstrukce k celkovým měřeným hodnotám.
- Tvar deformace příčného řezu nosné konstrukce, včetně porovnání s předpokládaným tvarem deformace.
- Výskyt trhlin nebo jiných abnormalit na mostní konstrukci.
- Případné poklesy spodní stavby.

3.2 Podklady pro měření

Podklady pro měření byly dodány statikem, který osobně vedl průběh zatěžovací zkoušky. Prováděl kontrolu výsledků jednotlivých etap a nařizoval případné další měření. Zajišťoval také navádění vozidel na určené postavení v zatěžovacím stavu. Projektant zátěžové zkoušky také schvaloval přemísťování některých SVB. Dále

omezoval veškeré dělnické činnosti v okolí mostu a pohyb nepovolaných osob a vozidel na mostu.

Podklady dodané projektantem:

- Projekt rozmístění vozidel určených k zatížení mostní konstrukce v symetrickém a asymetrickém stavu.
- Dokumentace předpokládaných posunů při jednotlivých zatíženích.

3.3 Rozsah zátěžové zkoušky

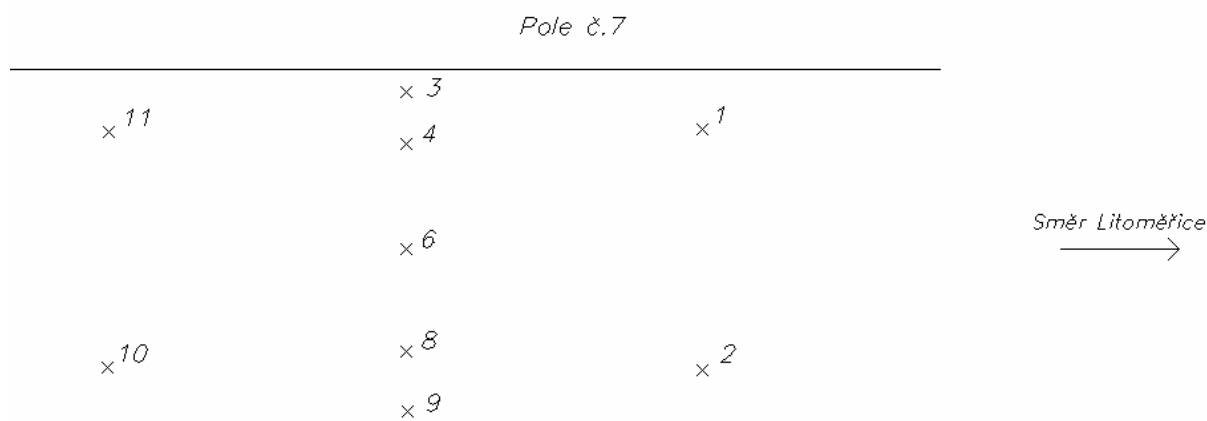
- Asymetrická poloha zatížení vlevo a vpravo v poli 2 (označení 2L a 2P).
- Asymetrická poloha zatížení vlevo a vpravo v poli 4 (označení 4L a 4P).
- Symetrická poloha zatížení v poli 5 (označení 5S).
- Asymetrická poloha zatížení vlevo a vpravo v poli 5 (označení 5L a 5P).
- Symetrická poloha zatížení v poli 6 (označení 6S).
- Symetrická poloha zatížení v poli 7 (označení 7S).

Rozestavení vozidel na jednotlivých zatěžovacích stavech je patrné z obrázku č.9.

3.3.1 Rozsah měření průhybů

- 5 bodů uprostřed rozpětí zatěžovaného pole (na povrchu mostovky uprostřed mostu, nad stěnami a na krajích konzol) při měření přesnou nivelací
- Nebo 2 body na dolních hranách komůrky při měření pomocí čidel a invarových drátů.
- 2 body uprostřed rozpětí polí přilehlých k zatíženému poli.
- Stlačení ložisek na obou pilířích zatíženého pole.
- Sednutí pilířů zatíženého pole.

Stlačení ložisek a sedání pilířů měřili a počítali statici, kteří byli přítomni celé zátěžové zkoušce mostu.



Obr. č. 3 Ukázka rozmístění bodů v zatěžovaném poli

Během měření byla sledována vnější teplota, teplota nosné konstrukce v místech se zabudovanými teploměry a byl zaznamenán vývoj počasí během zátěžové zkoušky (vítr, oslunění apod.). Tyto parametry musely být sledovány, protože teplotní změny mají značný vliv na deformace nosné konstrukce. [7]

3.4 Rozpis průběhu zátěžové zkoušky

Statická zátěžovací zkouška se konala ve dnech 26.-27.11.2009 od cca 07.00 do cca 19.hodin.

V polích 2 a 4 terén pod mostní konstrukcí umožňoval umístění inkrementální měřicí soupravy s deformačními snímači s vysokou přesností. V poli 5, 6 a 7 terén pod mostem vzhledem k průběhu koryta řeky Labe a železniční trati neumožňoval umístění těchto snímačů. Pro měření v těchto polích bylo použito přesné nivelace pomocí digitálního nivelačního přístroje.

Harmonogram měření:

Čtvrtek 26.11.2009:

Měření bylo zahájeno v ranních hodinách. Počasí: polojasno, čerstvý vítr a teplota vzduchu se v průběhu měření pohybovala okolo 12°C.

Postup zatěžování:

- Nájezd vozidel do symetrické polohy ZS9 (pole7), devět vozidel (15min.)
- Měření pole 7 – měření přesnou nivelací (40min.)
- Odjezd vozidel, měření odlehčení (60min.)

- Nájezd vozidel do asymetrické polohy ZS2 (pole2 vpravo), čtyři vozidla (15 min.)
- Měření pole 2 – metoda SIS (soustava inkrementálních snímačů) (60min.)
- Odjezd vozidel, měření odlehčení (75 min.)

- Nájezd vozidel do symetrické polohy ZS8 (pole6), devět vozidel (15min.)
- Měření pole 6- metoda přesné nivelace (70min.)
- Odjezd vozidel, měření odlehčení (90min.)

- Nájezd vozidel do asymetrické polohy ZS1 (pole2 vlevo), čtyři vozidla (15min.)
- Měření pole 2 – metoda SIS (60min.)
- Odjezd vozidel, měření odlehčení (75min.)

- Nájezd vozidel do symetrické polohy ZS5 (pole5), devět vozidel (15min.)
- Měření pole 5 – metoda přesné nivelace a SIS (65min.)
- Odjezd vozidel, měření odlehčení (110min.)

Pátek 27.11.2009:

Zpočátku bylo zataženo, vítr slabý, později čerstvý. Teplota se v průběhu měření pohybovala okolo 9°C.

Postup zatěžování:

- Nájezd vozidel do asymetrické polohy ZS7 (pole 5 vpravo), šest vozidel (15min.)
- Měření pole 5 – metoda přesné nivelace a SIS (45min.)
- Odjezd vozidel, měření odlehčení (70min.)

- Nájezd vozidel do asymetrické polohy ZS4 (pole 4 vpravo), šest vozidel (15min.)
- Měření pole 4, metoda přesné nivelace a SIS (60min.)
- Odjezd vozidel, měření po odlehčení (75min.)

- Nájezd vozidel do asymetrické polohy ZS6 (pole 5 vlevo), šest vozidel (15min.)
- Měření pole 5 – metoda přesné nivelace a SIS (75min.)
- Odjezd vozidel, měření odlehčení (80min.)

- Nájezd vozidel do asymetrické polohy ZS4 (pole 4 vlevo), šest vozidel (15min.)
- Měření pole 4 – metoda přesné nivelace a SIS (60min.)
- Odjezd vozidel, měření odlehčení (60min.)

Časový harmonogram zátěžové zkoušky je graficky znázorněn rovněž na příloze č.2.

3.5 Zatížení použité při zátěžové zkoušce

Pro statickou zátěžovou zkoušku lze užít zátěží různého druhu, které jsou k dispozici [5]. Zkušební zatížení bylo tvořeno sestavou čtyř, šesti nebo devíti třinápravových vozidel MERCEDES Actros 3336 o celkové hmotnosti jednoho vozidla 25 tun. Přesné váhy jednotlivých vozů byly popsány na váhových lístcích (obr.č.5). Tyto hmotnosti byly zjištěny při nakládání a následném vážení vozidel. Původně se předpokládalo použití vozidel TATRA 815 (použitá vozidla jsou ale delší a mají jiné rozvory náprav). Vzhledem k mírně jiné technické stavbě vozidel MERCEDES Actros 3336 a s ohledem na technické podmínky geodetického měření bylo nezbytné upravit polohu vozidel.



Obrázek č.4 Zátěžovací vozidla Mercedes Actros 3336

Vozidla byla naváděna na most statikem a ten také rozhodl o změně polohy a přepočítal změny v podélném zatížení. Poloha byla změněna tak, že zadní náprava středního vozidla zůstala v předepsané poloze a došlo k odsunutí předního a zadního vozidla, při zachování minimálních rozestupů mezi vozidly. Ty musely zůstat takové, aby byl umožněn přístup a viditelnost na geodetické body. Poloha vozidel v příčném směru byla dodržena s tolerancí 50mm.

Změna polohy vozidel v podélném směru měla vliv na předem vypočtené hodnoty deformací. Proto musela být tato změna přepočítána zjednodušeným výpočtem a na základě výsledků byla provedena redukce teoretických deformací.

Dodací list číslo 1509017538/1

Vystaveno: 06:19:00 26.11.2009

| | | |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| Dodavatel: | Odběratel: DR | |
| KAMEN Zbraslav, | Metrostav a.s. | Malé sdružení Prosmyky - |
| spol. s r.o. | | Metrostav a.s. |
| Žitavského 1178 | Koželužská 2246 | Koželužská 2246 |
| 156 21 Praha 5 Zbraslav | 180 00 Praha 8 | 180 00 Praha 8 |
| IČO: 45798222 DIČ: CZ45798222 | IČO: 00014915 DIČ: CZ00014915 | |

PRODUKT: 488 Netříděný kámen 9,300 t

Kupní smlouva: 1500090101
Zakázka: Prosmyky I. část
Objednávka: 09041483, 09041739

Taras: 15,260 t, Brutto: 24,560 t, Netto: 9,300 t
SPZ: 3A7 3627* Křiž: Dožkal
Dopravce: VLASTNÍ PŘEPRAVA - druh dopravy: 1
Místo určení: most
Norma: Třída=ČNO=Popis (doplňující údaje):

Podpis řidiče/zákazníka Vystavil: VLADISLAVA REJZKOVÁ Podpis.....
Certifikát SRV: č. 1020 - CPD - 040 019651 (platí pouze pro výrobky vyrobené dle ČSN EN)
Dodal provoz: 031500 lom Dobkovičky, 411 31 Velemin

KAMEN Zbraslav, spol. s r.o.
lom Dobkovičky
411 31 Velemin
tel.: 416536580
IČO: 45798222

Obr. č.5 Váhový lístek

4 Geodetické měření

4.1 Přípravné práce

Geodetická část přípravných prací spočívala zejména ve vytyčení výškových sledovacích bodů a bodů určujících rozmístění zatěžovacích vozidel. Přípravné práce byly provedeny metodou GNSS. Požadovaná přesnost polohy bodů je 0,06 m. Použitá metoda RTK tuto přesnost splňuje. Poloha vytyčených bodů byla navíc kontrolována odměřením vzdáleností pomocí ocelového pásma od pilířů a okrajů mostu.

4.1.1 Přístroje a pomůcky

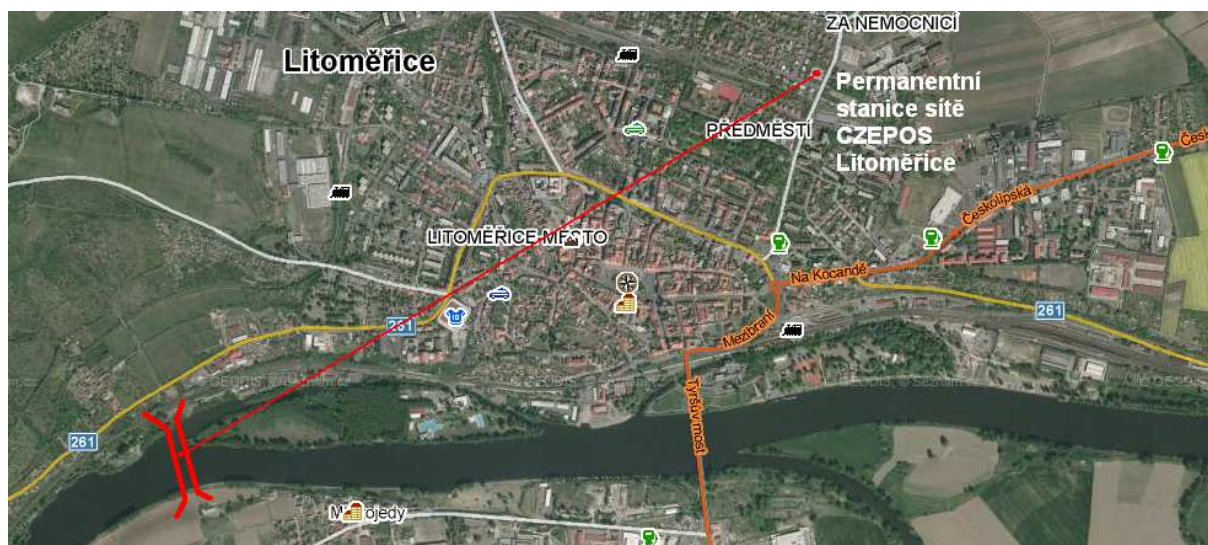
1x GNSS aparatura (Trimble GNSS R8-2), barevné spreje, kladivo, pásmo, výtyčka, GSM přijímač a hřeby

4.1.2 Metoda RTK

RTK (Real Time Kinematic) je kinematická metoda řešená v reálném čase. Pomocí tohoto měření se automaticky určují prostorové trojrozměrné souřadnice měřených bodů. Při využití GNSS pro geodetické účely se používá fázové měření. Pro měření diplomové práce byla využita pohyblivá měřicí stanice (rover) Trimble GNSS R8. Její výhodou je, že dokáže přijímat jak družice systému NAVSTAR, tak Glonass. Při použití obou systémů dochází k rychlejšímu určení ambiguit a zvýšení přesnosti.

Jako referenční stanice byla zvolena permanentní stanice sítě CZEPOS Litoměřice. Referenční stanice počítá z přijatých signálů svoji polohu. Dále vypočtené hodnoty porovnává se skutečnou polohou (získanou např. geodetickým měřením) a produkuje přímo korekce geografických souřadnic $\Delta\varphi$, $\Delta\lambda$ a případně Δh nebo korekce kartézských souřadnic Δx , Δy a Δz . Přičtením korekcí k aktuální poloze přijímače dojde k zpřesnění polohy tohoto přijímače. [2] Přenášení těchto korekcí na velké vzdálenosti je problémové, jelikož ve vzdálenosti několik desítek kilometrů mohou mít korekce jiné hodnoty než na referenční stanici. Je tomu tak proto, že by mohly být určovány z jiných družic GNSS. Při měření diplomové práce byla vzdálenost bodů na mostě a referenční stanice 2km. K přenosu korekcí může být použit mobilní telefon nebo radiomodem. V našem případě byly korekce přenášeny mobilním telefonem. Jedná se o finančně nákladnější variantu, ale výhodou je schopnost přenášet data na větší vzdálenost. Rychlost přenosu korekcí v čase závisí také na připojení a kvalitě mobilního telefonu.

Dostupnost výsledků v reálném čase je velmi výhodná. Zejména proto, že si můžeme výsledek své práce zkontrolovat přímo v terénu. Měřená data si můžeme prohlížet a taky editovat již na místě měření a ne až při postprocessingu v kanceláři. Přesnost metody závisí mimo jiné na morfologických podmínkách. Při práci v kopcovitém terénu nebo intravilánu může být dosah signálu snížen, jelikož rádiové vlny těžko procházejí přes pevné překážky. Signál může být rušen také používáním vysílaček nebo blízkostí jiného vysílače.



Obr. č.6 Observační schéma RTK

4.1.3 Parametry GNSS

- 72 kanálů GPS L1 C/A kód
- L2C kód
- plná fáze L1/L2/L5
- GLONASS L1 C/A kód
- L1 P kód
- L2 P kód
- plná fáze L1/L2
- Podpora WAAS/EGNOS
- Interval mezi odečty: 1s
- Operační systém Windows CE.NET



Obr. č.7 Aparatura GPS

4.1.4 Postup přípravných prací

Na mostě byly během přípravných prací rozměřeny jednotlivé zatěžovací stavy podle projektu zátěžové zkoušky. Tyto stavy byly navrženy projektantem. Vytýčené body tvoří symetrické nebo asymetrické stavy na jednotlivých polích. Vyznačují se body, na které při samotné zátěžové zkoušce najedou nápravy aut. Symetrické stavy byly značeny jednou barvou (modrou) a asymetrické dvěma barvami, aby se odlišily vozy vlevo (červená) a vpravo (zelená) na vozovce. Celkem bylo vytyčeno 9 zatěžovacích stavů. Dále byly vytyčeny výškové sledovací body. Na těchto bodech byly

pozorovány deformace mostu při jednotlivých zatěžovacích stavech. Byly označeny hřeby navrtanými do asfaltu. Celkem bylo vytyčeno 279 bodů.

Pomocí přesné nivelace byly měřeny jen některé zatěžovací stavy. Jedná se o taková místa, kde pod mostem nemohla být umístěna speciální souprava inkrementálních snímačů. Pod těmito místy prochází vodní tok, vede železniční trať nebo je tam neúnosná půda. Pro geodetické měření byly určeny stavy na polích číslo 5, 6 a 7. V polích 2 a 4 byly vytyčeny jen body pro najetí vozidel. Zde se využívalo speciální měřicí soupravy, kdy v rámci přípravných prací se ze spodu mostu upevnilly kotevní prvky v místech měřících bodů a navázaly se přenosové invarové struny. Dále bylo nutno vytvořit návrhy pro umístění externích čidel teploměrů, případně upravit půdu pod mostem pro správné umístění snímacího zařízení.

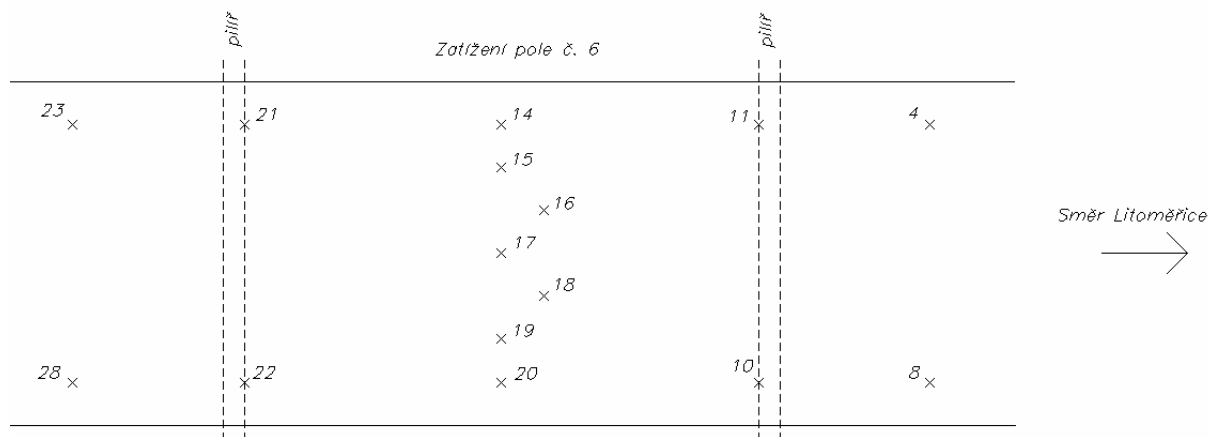
4.1.5 Soustava kontrolních bodů

V blízkosti zaměřovaného mostu byla stabilizována hlavní výšková značka číslo 100, které byla přisouzena výška v místním systému 100,000m. V jejím okolí se nachází 4 kontrolní výškové body s čísly 101, 102, 103 a 104. Pomocí těchto bodů byla kontrolována neměnnost výšky na bodě číslo 100.

Pro výškové měření přesnou nivelací byla vytvořena rovněž síť sledovacích bodů. Tyto body byly umístěny na profilech kolmých k ose komunikace. Profilů bylo na mostě celkem 8. Profily 1, 3, 5 a 7 se skládaly ze dvou bodů umístěných na okrajích komunikace. Profily 2, 4, 6 a 8 tvořilo vždy 7 bodů, které byly stabilizovány na okrajích mostní konstrukce, na okrajích komunikace, uprostřed každého jízdního pruhu a uprostřed komunikace.

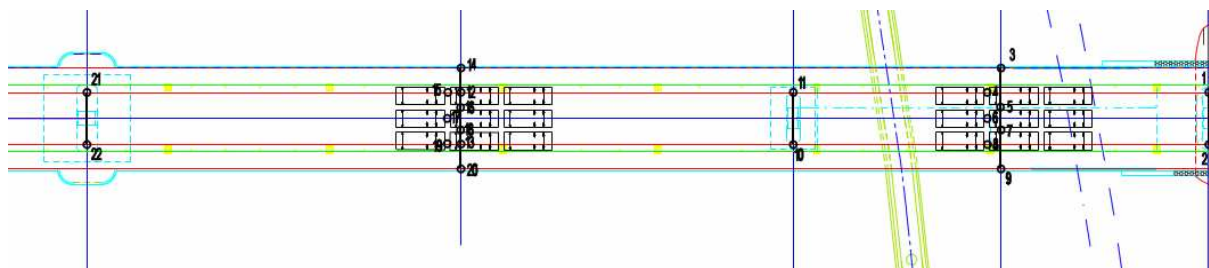
Rozsah měření každého stavu byl dán počtem bodů, které navrhl projektant. A to tak, že 2 body byly umístěny v poli předcházejícím poli zatěžovanému. Dále pak dva body v místě podpory na začátku zatěžovaného pole. Následuje 5 bodů uprostřed rozpětí zatěžovaného pole pro geodetickou metodu (původní návrh byl v průběhu příprav zátěžové zkoušky doplněn o další 2 body v profilu). A ve stejném profilu pro metodu SIS to jsou pouze body dva. V místě podpory na konci měřeného pole jsou umístěny další dva body. A nakonec dva body v poli následujícím po poli zatěžovaném.

Stabilizace bodů byla provedena pomocí nastřelovacích hřebů s kulatou hlavou. Tyto byly po ukončení zátěžové zkoušky odstraněny. V průběhu zkoušky byly chráněny proti přejetí dopravními kužely.



Obr. č.8 Rozmístění výškových sledovacích bodů při zatěžování v poli č.6

Sledovací body byly navrženy projektantem zátěžové zkoušky. Jejich původní rozmístění bylo v jedné linii v profilu. Ale při symetrickém zatěžovacím stavu zůstávaly vždy dva body pod jednotlivými vozidly, a proto muselo dojít k jejich posunutí od linie (v poli č.6 se jedná o body 16 a 18). Toto bylo provedeno na návrh projektanta zátěžové zkoušky. Tento problém byl na profilech 2, 4 a 6. U profilu 6 musely být navíc přidány ještě dva body pro měření asymetrického zatížení, také z důvodu umístění sledovacích bodů pod zatěžovacími vozidly. Konečný stav rozmístění sledovacích bodů byl geodeticky zaměřen, opět pomocí GNSS, a předán projektantovi jako vstup pro výpočty.



Obr. č.9 Ukázka rozmístění vozidel

4.2 Měření deformací

Deformací označujeme v této práci pouze svislé posuny bodů. Změna polohy je zanedbávána a není předmětem měření. Pro výškové měření v poli 6, 7 a 8 byla zvolena metoda přesné geometrická nivelace ze středu. [1] Touto metodou byly zaměřeny 3 zatěžovací stavy. Geometrická nivelace byla zvolena s ohledem na požadovanou přesnost, rychlost měření a snadné zpracování naměřených dat. Měření bylo prováděno digitálním nivelačním přístrojem TRIMBLE DiNi, který umožnil zkrátit dobu měření a zpracování oproti klasickým nivelačním přístrojům. U klasických nivelačních přístrojů není záznamové zařízení, a proto musíme výsledky zapisovat ručně do zápisníku. Také trvá delší dobu odečtení hodnot na lati. Měření při přesné nivelaci by navíc znamenalo odečítat na dvou vzájemně posunutých stupnicích. A v neposlední řadě se v digitálním přístroji automaticky vypočítá celý nivelační pořad a tím odpadá pracné zpracování po měření. Jeho použitím došlo také k vyloučení některých měřických chyb. Především jde o chyby v zápisu a výpočtech, dále v cílení a z chybného čtení na lati. Při použití digitálního nivelačního přístroje nemůže dojít k záměně postupu cílení na latě.

Pro měření na dalších dvou polích mohla být použita dříve uvedená negeodetická metoda měření. V místech těchto dvou stavů byly vhodné podmínky pro umístění měřicí aparatury SIS, viz. kapitola 3.4.

Měření probíhalo podle standardních postupů pro přesnou geometrickou nivelaci. Při měření musí být dodrženy určité podmínky, například že záměry zpět a vpřed musí být stejně dlouhé, nivelační lať musí být z jednoho kusu a používají se masivní nivelační podložky. Při klasickém odečítání na lati by se mělo provádět měření na dvě vzájemně posunuté stupnice. V tomto případě se do digitálního nivelačního přístroje přímo zadá požadovaná metoda měření, tedy přesná nivelace. Při nedodržení podmínky nivelace ze středu byly přestavy označeny barvou, aby byla měření prováděna ze stejného postavení stroje. Při jednotlivých měřeních byla zaznamenávána teplota vzduchu a čas. Výškový systém byl použit místní, jelikož se porovnávají pouze relativní převýšení mezi jednotlivými etapami na výškových sledovacích bodech.

4.2.1 Přístroje a pomůcky

Digitální nivelační přístroj Trimble DiNi (číslo 0.3706032), invarová nivelační lať (komparovaná, dlouhá 3m, číslo 33936), kalibrovaný teploměr Greisinger GFTH 95, stativ.

4.2.2 Komparace latí

Lať použitá pro měření přesné nivelace je komparovaná ve speciální kalibrační laboratoři. Protokol o kalibraci č. KL-L0253/10 je uložen ve firmě pro kterou bylo měření zpracováváno a nebyl poskytnut pro účely diplomové práce.

4.2.3 Technické parametry nivelačního přístroje

Přesnost na 1km:

Invarová lať: 0,3mm

Běžná lať: 1,0mm

Měření vzdálenosti na 20m:

Invarová lať: 20mm

Běžná lať: 25mm

Rozsah měření: 1,5m -100m

Elektronické odečítání:

Rozlišení při nivelaci:0,01mm

Rozlišení měřené délky: 1mm

Doba odečítání: 3s

Programy:

- jedno a vícenásobné odečtení
- nivelační pořad s bočními záměry
- plošná nivelace
- výškové vytyčování
- vyrovnání pořadu

Metody: ZV, ZVVZ, ZVZV, VZZV, ZZVV, střídání ZV, střídání ZVVZ, střídání ZVZV, střídání ZZV, střídání VZZV

Dalekohled:

Světlost objektivu: 40mm

Zvětšení: 32x

Zorné pole na 100m: 2,2m

Kompenzátor:

Rozsah urovnání: $\pm 15'$

Přesnost urovnání: $\pm 0,2''$

Krabicová libela: $8'/2\text{mm}$

Interní paměť: 30000 záznamů



Obr. č.10 Nivelační přístroj Trimble DiNi

4.2.4 Metodika měření

Přesná geometrická nivelace probíhala na třech polích mostní konstrukce. Na každém zatěžovacím stavu byly provedeny 3 respektive 5 etap měření. Podle toho, jestli se jednalo jen o symetrické nebo i asymetrické zatížení konstrukce mostu.

Prvotní zaměření výšek bodového pole se nazývá nultá etapa (Etapa0). Toto zaměření bylo provedeno dvakrát nezávisle na sobě, pro vyloučení hrubé chyby v určení výšek sledovacích bodů. Další měření se uskutečnilo po najetí vozidel do symetrického rozložení zátěže mostní konstrukce, to bylo považováno za první etapa (Etapa1). Po

odjezdu vozidel a uklidnění celé konstrukce se změřila výška sledovacích bodů. Tento stav se nazývá druhou etapou (Etapa2). Případnou třetí etapou (Etapa3) bylo zaměření sledovacích bodů při asymetrickém zatížení mostní konstrukce. Poslední měřenou etapou je vždy zaměření po celkovém odlehčení a uklidnění mostní konstrukce (Etapa4). Pomocí symetrického zatížení byly měřeny zatěžovací stavy (ZS) 5, 8 a 9. Asymetrické zatížení bylo použito na zatěžovacích stavech (ZS) 6 a 7. Podrobněji je metodika měření rozepsána v následujících kapitolách.

4.2.5 Symetrické zatížení

Symetrické zatížení se používá pro ty části mostní konstrukce, kde je potřeba aby bylo zatížení rozmístěno rovnoměrně po celé ploše. Pro tyto zatěžovací stavy bylo použito 9 nákladních vozidel. Průběh symetrického zatížení je rozdělen do tří etap a byl použit pro měření přesnou nivelací na polích číslo 5, 6 a 7.

Etapa 0:

Nultou etapou se rozumí zaměření ještě nezatížené mostní konstrukce. Měření v této etapě bylo provedeno dvakrát. Tím se zkontroluje zda naměřené hodnoty neobsahují hrubé chyby. Pokud jsou dvě hodnoty na tomtéž sledovacím bodě přibližně stejně velké může se přistoupit k zprůměrování naměřených hodnot. Měření vycházelo z hlavního výškového bodu číslo 100. Kontrolně byly zaměřeny také výškové body 101, 102, 103 a 104. Následně byly zjištěny výšky všech předem vytyčených výškových sledovacích bodů na daném poli. Tyto body byly zaměřovány i záměrami stranou. Určené a vyrovnané výšky SVB byly následně porovnávány s výškami zjištěnými v dalších etapách.

Etapa 1:

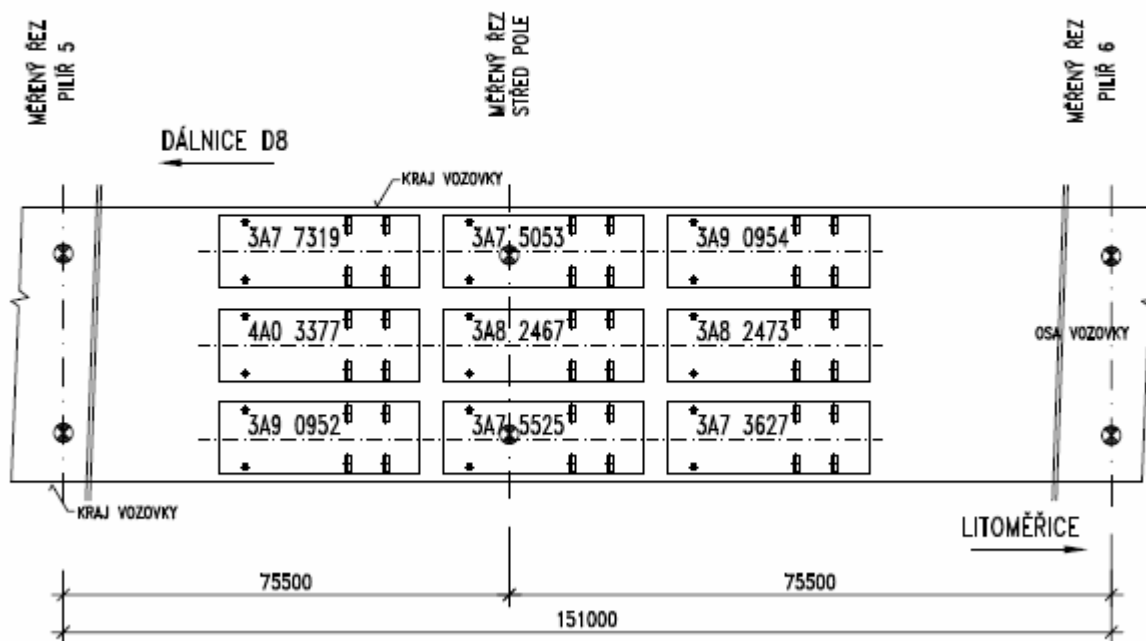
Měření první etapy se provádí po najetí vozidel do předem vytyčených míst na proměřovaném poli. Než začne samotné měření pomocí přesné nivelace, musí dojít k ustálení mostní konstrukce. Ustálení se kontroluje tak, že v pravidelných časových intervalech (10minut) sledujeme vybraný SVB ve středu profilu. Vyhodnocení bylo provedeno z měření relativních převýšení mezi hlavním výškovým bodem a námi vybraným sledovacím bodem. K ustálení konstrukce mostu došlo tehdy, když dvě po

sobě prováděná měření vykazovaly stejné hodnoty převýšení a byly v rámci povolené odchylky měření. Také musely být naměřené rozdíly hodnot schváleny projektantem. Následně jsou zaměřeny všechny výškové sledovací body na příslušném zátěžovém stavu. Po vyrovnaní nivelačního pořadu jsou výšky při zatížení porovnány s hodnotami z nulté etapy.

Etapa 2:

K zaměření druhé etapy se přistupuje po odjetí vozidel ze zatěžovaného pole. Měřit se může opět až po ustálení mostní konstrukce (viz. Etapa 1). Měření vychází vždy z hlavního výškového bodu. Pomocí přesné nivelace je opět zaměřen nivelační pořad tak, aby obsahoval všechny sledovací výškové body. Po vyrovnaní nivelačního pořadu se výsledky porovnají s výškami z etapy 0 a etapy 1. Tyto výsledky byly poskytnuty na místě statikovi.

ZS5 – Symetrické zatížení – pole 5 (5S) (bez měřítka)



Obr. č.11 Schéma rozmístění vozidel při symetrickém zatížení

4.2.6 Asymetrické zatížení

Asymetrické zatížení mostní konstrukce se skládá ze dvou zátěžových stavů. Pro toto zatížení je potřeba 6 nákladních vozidel. Celé měření se skládá z 5 etap. Tyto etapy jsou provedeny postupně na levé a pravé straně vozovky. Asymetrické zatížení bylo použito na poli číslo 5.

Etapa 0:

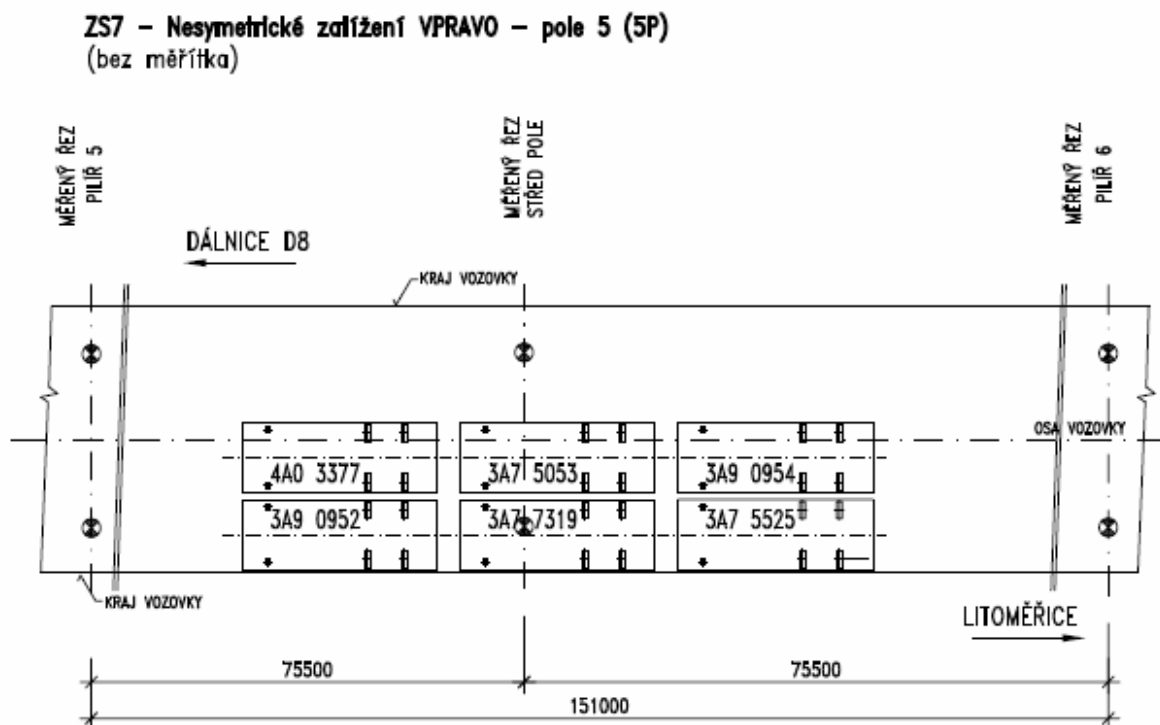
Měření vycházelo z hlavního výškového bodu číslo 100. Zaměřeno bylo mostní pole před zatížením. Měření bylo provedeno opět dvakrát. Zprůměrované výšky budou výchozím podkladem pro další etapy. Postup je stejný jako v kapitole 4.2.5 pro symetrické zatížení.

Etapa 1:

Po zatížení mostní konstrukce vozidly se přikročilo k dalšímu měření přesnou nivelací. Vozidla byla seřazena nesymetricky na pravé straně mostu. Po měření došlo k porovnání výsledků z nulté a první etapy.

Etapa 2:

Po odjezdu vozidel ze zatěžovaného pole bylo provedeno další měření. Opět až po ustálení mostu, které bylo zjištěno krátkým nivelačním pořadem z hlavního bodu na bod ve středu sledovaného pole. Výsledky této etapy jsou považovány také za nultou etapu pro druhý asymetrický stav. Během měření na mostě v Litoměřicích došlo k větší časové prodlevě mezi etapou 2 a následující etapou, proto byla nultá etapa změřena ještě jednou před najetím vozidel do dalšího stavu.



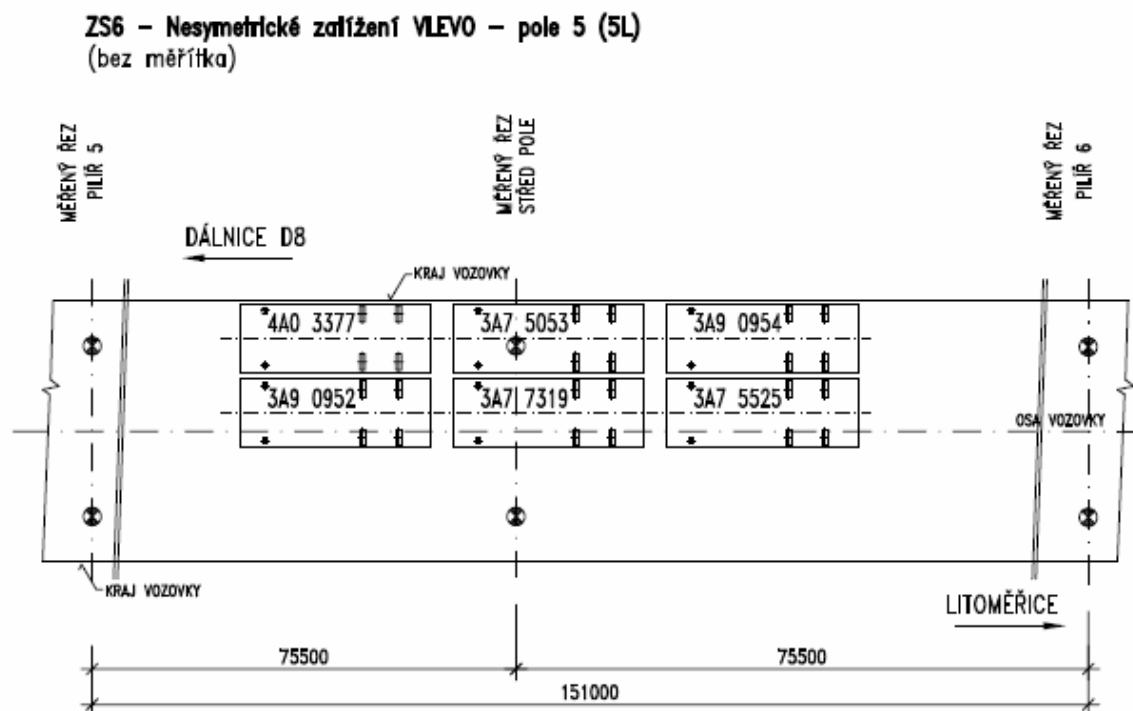
Obr. č. 12 Schéma rozmístění vozidel při asymetrickém zatížení vpravo

Etapa 3:

Při této etapě najedou vozidla na levou stranu mostní konstrukce a dojde tak k dalšímu nesymetrickému zatížení. Výšky sledovacích bodů jsou zjištěny po ustálení konstrukce.

Etapa 4:

K měření poslední etapy je přikročeno po odjezdu všech vozidel. A také až po určení momentu ustálení mostní konstrukce. Přesnou nivelací jsou zaměřeny všechny sledovací výškové body. Výsledky etapy 4 jsou porovnány se všemi předchozími etapami.



Obr. č.13 Ukázka rozmístění vozidel při asymetrickém zatížení vlevo

4.2.7 Závěr přesné nivelace

Při měření bodů umístěných na povrchu vozovky (zatěžovací stav 5 až 9) byl svislý průhyb nosné konstrukce měřen přesnou nivelací invarovou latí s čárovým kódem TRIMBLE LD a digitálním nivelačním přístrojem TRIMBLE DiNi. Průhyb byl měřen v přesně definovaných výškových sledovacích bodech. Ve vozovce byly měřicí body stabilizovány hřeby, které byly po konci zátěžové zkoušky odstraněny. Maximální přesnost použitého nivelačního přístroje je 0,1mm. Vzhledem k nepříznivým meteorologickým podmínkám a také vzhledem ke kmitání mostu (např. od větru, přechodu pracovníků apod.) nebylo možno plně využít vysoké přesnosti digitálního nivelačního přístroje. Skutečná odchylka měření se pohybovala v poli s krátkým nivelačním pořadem (pole 6 a 7) v rozmezí cca 1-2mm. U pole s delším nivelačním pořadem (pole 5) cca 3-4mm. Tyto hodnoty nepřekročily 10% z předpokládaných svislých pohybů stanovených statikem (38-56mm).

4.2.8 Časová a personální náročnost

Celé geodetické měření bylo rozloženo do tří dnů dle projektu zátěžové zkoušky. První den se prováděly přípravné práce. Byly vytyčeny výškové sledovací body (SVB) a značky pro postavení vozidel při symetrickém a asymetrickém zatížení. Druhý a třetí den probíhala vlastní zatěžovací zkouška. Časová náročnost jednotlivých zatěžovacích stavů byla závislá na rychlosti měření a době ustálení mostní konstrukce po najetí a odjetí vozidel. Během druhého dne byly geodeticky zaměřeny tři stavy a třetí den další dva stavy. Stabilizace bodů a měření bylo provedeno jedním měřičem a figurantem.

5 Měření pomocí soustavy inkrementálních snímačů

Pole číslo 2 a 4 bylo měřeno negeodetickou metodou. A to z důvodu větší přesnosti použitého měření a příznivých podmínek pro toto měření. Hlavní podmínkou pro použití soustavy inkrementálních snímačů je možnost umístit měřicí přístroj pod mostní konstrukci.

Svislý průhyb nosné konstrukce byl měřen zdola, a to pro zátěžové stavy 1 až 4. Měření bylo uskutečněno pomocí měřicí soupravy I-04 firmy KIK s.r.o. s měřicími čidly LARM MS 50/131. Přenos deformací na jednotlivé snímače byl zajištěn pomocí závěsů z invarových strun FeNi 36 o průměru 0,5mm. Struny byly zatíženy olovnicí o hmotnosti 4kg. Celá souprava se skládá z čidel osazených do stojanů firmy Preisler. Čidla jsou přes převodníky spojena s přenosným počítačem. Ten je vybaven programem Monitor pro odečítání a převod dat. Pro měření deformací byl zvolen časový interval 5 minut. Maximální měřicí schopnost použitých snímačů je 0,01mm. Přičemž rozšířená nejistota měření je 0,02mm. [9]



Obr. 14 SIS

5.1 Průběh měření soustavu inkrementálních snímačů

Přípravné práce pro měření inkrementálními snímači se skládají z navrtání vrtů dospodu mostní konstrukce. Do těchto vrtů se při zátěžové zkoušce zavěšují invarové struny. Dochází také k úpravě terénu pod mostem. Aby se mohly měřicí soupravy umístit do vodorovné polohy. [3]

Samotné měření je zajišťováno pomocí SIS. Měření je kontinuálně a záznam hodnot do počítače je prováděn v 5 minutovém intervalu. Touto metodou jsou měřeny pole 2 a 4. Celkem se jedná o 4 zatěžovací stavy. Všechny stavy jsou zatěžovány asymetricky pomocí 6 nebo 4 vozidel. Měření je také prováděno v několika etapách. Měření zatěžovacích stavů ZS3 a ZS4 probíhalo vždy, když bylo dokončeno měření přesnou nivelací. Jen při měření stavů ZS1 a ZS2 se měřilo také geodeticky(měření

nulté etapy nebo po odjezdu zatěžovacích vozidel). Ale tato část měření probíhala na druhé straně mostu, a proto nedocházelo k vzájemnému ovlivnění jednotlivých měření.

Během měření byla snímána teplota konstrukce digitálním teploměrem se záznamem a externími měřicími sondami. Provozní rozsah přístroje je -10 až +50°C. Přesnost je $\pm 0,4^\circ\text{C}$. Teplota konstrukce během zátěžové zkoušky byla vyrovnaná a nebyly zjištěny žádné deformace od teplotních změn.

6 Zpracování a výsledky měření

Vyrovnání měřených hodnot nivelačního pořadu bylo provedeno přímo v nivelačním přístroji po ukončení každého pořadu. Předběžné zpracování bylo provedeno na místě. Vyrovnaná data z nivelačního přístroje byla stahována pomocí flash disku do přenosného počítače v textovém formátu *.dat. Pro další výpočty byl využit výpočetní program Excel z řady Microsoft Office. Kde byla předem vytvořena výpočetní tabulka. Do této tabulky byly vepsány naměřené hodnoty a provedeno požadované porovnání. Výsledky nulté etapy byly brány jako nulový stav, od kterého se dále odvíjely posuny během působení zátěže a také zbytková deformace. Na každém zatěžovacím stavu měřeném přesnou nivelací byla určena výšková deformace a zbytková deformace.

$$\text{Výšková deformace } V = E1 - E0$$

$$\text{Zbytková deformace } Z = E2 - E0$$

Do tabulky pro zpracování byly zapsány hodnoty naměřené v Etapě 0 a případně zprůměřované hodnoty této etapy. Poté jsou zaznamenány hodnoty na zátěžovém stavu (Etapal). Jejich průměr je porovnán s Etapou 0 a jsou zjištěny výškové deformace. Dále se zapisuje Etapa 2 a ta je opět konfrontována s Etapou 0. Tím dostaneme hodnoty zbytkové deformace. Tento způsob zpracování je proveden na každém zatěžovacím stavu. Vypočtené hodnoty svislých posunů by se měly shodovat s předem vypočítanými hodnotami, které jsme obdrželi od hlavního statika. Statik byl také vždy přítomen u zpracování jednotlivých zatěžovacích stavů.

6.1 Postup zpracování

Celé měření bylo zpracováno v tabulkách v programu Microsoft Excel s porovnáním jednotlivých etap. Ve výpočetní tabulce je uveden zátěžový stav 9 pro symetrické zatížení v poli číslo 7. Tabulky pro ostatní zatěžovací stavy jsou v příloze č.5. Body označené šedou barvou jsou body v příslušném zátěžovém poli.

Tabulka č.1 Ukázka výpočetní tabulky s porovnáním jednotlivých etap

| | čas | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Bez zatížení | | | | | | | | |
| E0.1 | 8:49 | 99,8846 | 99,9034 | 99,6144 | 99,4032 | 99,4877 | 99,4919 | 99,4929 |
| E0.2 | 9:21 | 99,8847 | 99,9035 | 99,6145 | 99,4032 | 99,4879 | 99,4921 | 99,4930 |
| Průměr | | 99,8846 | 99,9035 | 99,6144 | 99,4032 | 99,4878 | 99,4920 | 99,4930 |
| Nájezd vozidel | | | | | | | | |
| ZS9 E1.1 | 10:50 | 99,8844 | 99,9032 | | | | | 99,4854 |
| ZS9 E1.2 | 11:05 | | | 99,6060 | 99,3952 | 99,4802 | 99,4842 | |
| Průměr | | 99,8844 | 99,9032 | 99,6060 | 99,3952 | 99,4802 | 99,4842 | 99,4854 |
| Rozdíl E1-E0 | | -0,0002 | -0,0003 | -0,0084 | -0,0080 | -0,0076 | -0,0078 | -0,0076 |
| Odjezd vozidel | | | | | | | | |
| E2 | 12:58 | 99,8845 | 99,9036 | 99,6130 | 99,4024 | 99,4873 | 99,4916 | 99,4926 |
| Rozdíl E2-E0 | | -0,0001 | 0,0001 | -0,0014 | -0,0008 | -0,0005 | -0,0004 | -0,0004 |

Tabulka č.2 Ukázka výpočetní tabulky s porovnáním jednotlivých etap

| | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Bez zatížení | | | | | | |
| E0.1 | 99,4114 | 99,6244 | 98,9511 | 98,9592 | 98,2785 | 98,2827 |
| E0.2 | 99,4116 | 99,6248 | 98,9511 | 98,9592 | 98,2788 | 98,2827 |
| Průměr | 99,4115 | 99,6246 | 98,9511 | 98,9592 | 98,2786 | 98,2827 |
| Nájezd vozidel | | | | | | |
| ZS9 E1.1 | | 99,6172 | | | | |
| ZS9 E1.2 | 99,4042 | 99,6168 | 98,9516 | 98,9596 | 98,2819 | 98,2862 |
| Průměr | 99,4042 | 99,6170 | 98,9516 | 98,9596 | 98,2819 | 98,2862 |
| Rozdíl E1-E0 | -0,0073 | -0,0076 | 0,0005 | 0,0004 | 0,0033 | 0,0035 |
| Odjezd vozidel | | | | | | |
| E2 | 99,4111 | 99,6247 | 98,9509 | 98,9591 | 98,2788 | 98,283 |
| Rozdíl E2-E0 | -0,0004 | -0,0001 | -0,0002 | -0,0001 | 0,0002 | 0,0003 |

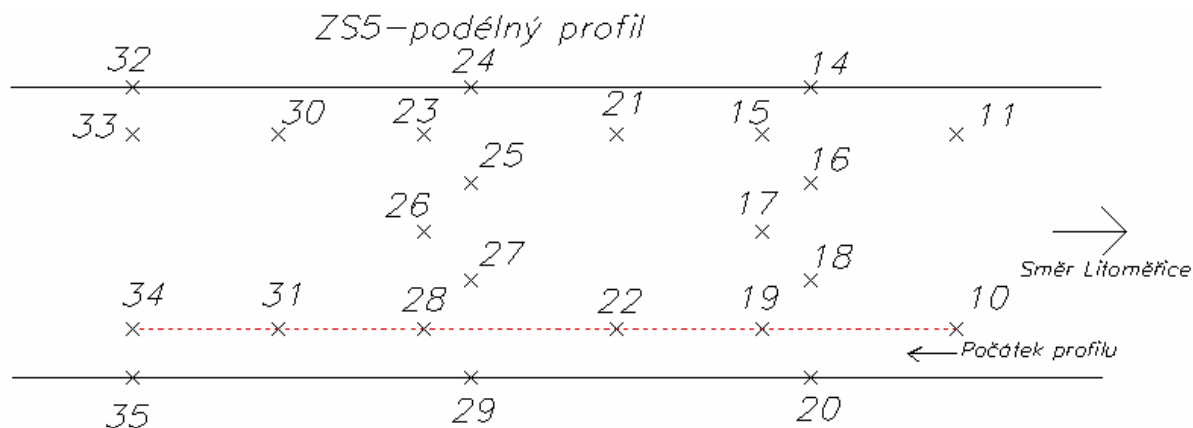
Tabulka č.3 Dosažené přesnosti geometrické nivelace při jednotlivých etapách

| Výškové uzávěry nivelačních pořadů | | | Měřil: K. Lérová, J. Vřešťál | | |
|------------------------------------|--------------------|---------|------------------------------|---------|----------------|
| | Před zatížením [m] | | Během zatížení [m] | | Po zatížení[m] |
| Zátěžový stav | 1 | 2 | 1 | 2 | |
| ZS9 | 0,0009 | 0,0009 | 0,0000 | 0,0030 | 0,0012 |
| ZS8 | 0,0012 | - | 0,0000 | -0,0023 | 0,0003 |
| ZS7 | 0,0023 | - | 0,0011 | - | 0,0028 |
| ZS6 | -0,0020 | -0,0022 | -0,0021 | -0,0021 | -0,0016 |
| ZS5 | 0,0003 | - | 0,0023 | - | 0,0026 |

6.2 Výpočet svislých posunů a jejich znázornění pomocí podélných profilů

Pomocí tabulek byly porovnány výškové a zbytkové deformace na jednotlivých zatěžovacích stavech. Tímto porovnáním jsme zjistili největší a nejmenší svislý posun na každém zatěžovacím stavu. Pro každý zatěžovací stav je uveden náčrt bodů, poté tabulka s výškovými a zbytkovými deformacemi a graf s vynesnými hodnotami těchto deformací.

6.2.1 Symetrické a asymetrické zatížení v poli číslo 5



Obr. č.15 Náčrt rozmístění sledovacích bodů v poli číslo 5

V náčrtu jsou červenou čarou spojeny body z kterých je vynesen graf podélného profilu.

Tabulka č.4 Deformace vypočtené při zátěžovém stavu č.5

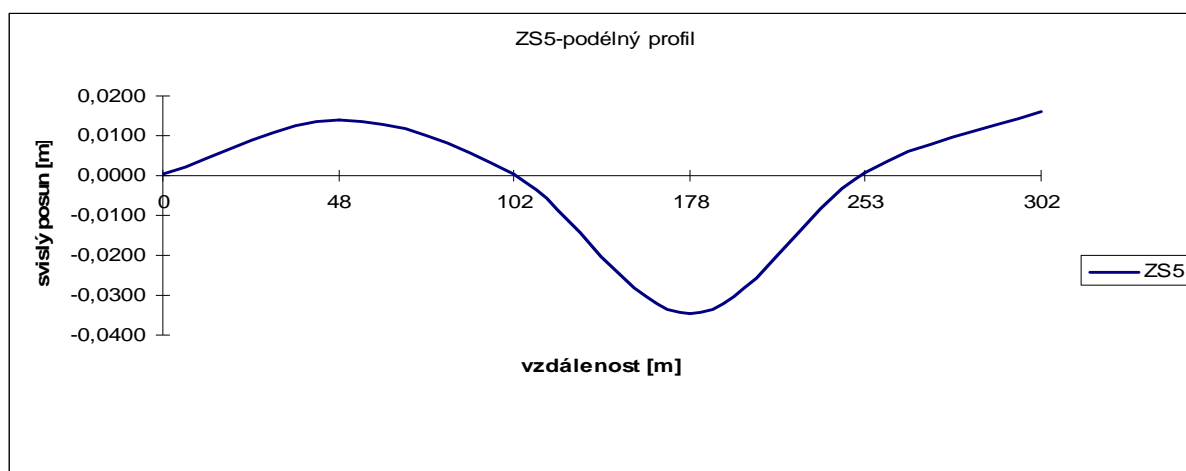
| Zatížení pole č.5-symetricky ZS5 | | |
|----------------------------------|------------------------|-------------------------|
| Číslo bodu | Výšková deformace [mm] | Zbytková deformace [mm] |
| 10 | 0,2 | 0,0 |
| 15 | 13,8 | 1,1 |
| 19 | 14,1 | 1,3 |
| 21 | 0,5 | 0,4 |
| 22 | 0,5 | -0,2 |
| 24 | -34,6 | -3,3 |
| 23 | -34,7 | -3,4 |
| 25 | -35,8 | -3,3 |
| 26 | -34,2 | -2,8 |
| 27 | -34,8 | -2,2 |
| 28 | -33,8 | -2,2 |
| 29 | -36,0 | -3,3 |
| 30 | -0,3 | 0,5 |
| 31 | 0,7 | 0,4 |
| 32 | 15,5 | 1,9 |
| 33 | 15,8 | 2,1 |
| 34 | 16,2 | 1,8 |
| 35 | 16,7 | 2,2 |

- Body v sousedním poli s polem zatěžovaným
- Body v ztěžovaném poli
- Body na pilířích

Znaménko – v tabulce znamená pokles bodu.

Znaménko + v tabulce znamená zdvih bodu.

Největší svislý posun v symetrickém zátěžovém stavu č.5 je -36,0mm, a to na bodě č.29.



Obr. č.16 Graf podélného profilu při symetrickém zátěžovém stavu č.5

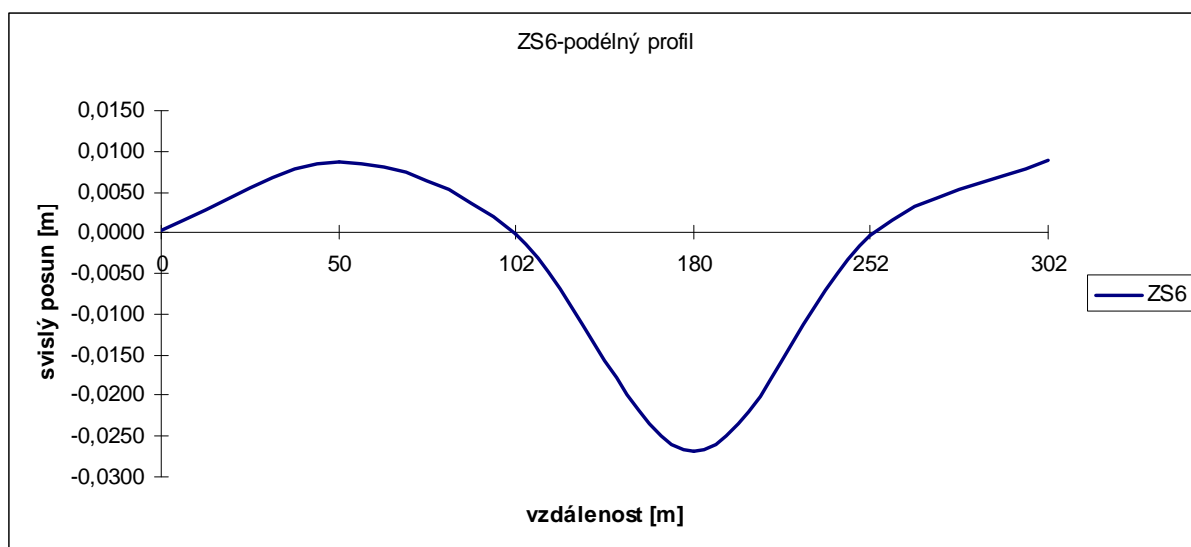
Pro asymetrické zatížení v poli č.5 vlevo byly využity stejné body jako na předchozím zátěžovém stavu ZS5. Jen je doplněno o bod č.36. Tento bod vznikl odsunutím bodu č.25, který byl při zátěžovém stavu ZS6 pod zatěžovacím vozidlem.

Tabulka č.5 Deformace vypočtené při zátěžovém stavu č.6

| Zatížení pole č.5-vlevo ZS6 | | |
|-----------------------------|------------------------|-------------------------|
| Číslo bodu | Výšková deformace [mm] | Zbytková deformace [mm] |
| 10 | 0,3 | -0,1 |
| 15 | 9,8 | 1,0 |
| 19 | 8,6 | 0,9 |
| 21 | 0,5 | 0,3 |
| 22 | -0,1 | 0,0 |
| 24 | -26,7 | -2,4 |
| 23 | -27,0 | -2,9 |
| 36 | -27,7 | -2,8 |
| 26 | -26,5 | -2,4 |
| 27 | -26,5 | -2,5 |
| 37 | -26,7 | -2,0 |
| 28 | -26,9 | -2,5 |
| 29 | -27,6 | -2,8 |
| 30 | -0,2 | 0,0 |
| 31 | -0,4 | 0,1 |
| 32 | 10,0 | 1,2 |
| 33 | 14,8 | 1,0 |
| 34 | 8,8 | 0,8 |
| 35 | 8,5 | 0,8 |

- Body v sousedním poli
s polem zatěžovaným
- Body v ztěžovaném poli
- Body na pilířích

Při asymetrickém zatížení vlevo na poli 5 byl největší svislý posun -27,7mm zaznamenán na bodě č.37. Svislý posun na bodě č.33 je příliš odchýlen od předpokládaných hodnot a proto byl z dalších výpočtů vyloučen.



Obr. č.17 Graf podélného profilu při asymetrickém zátěžovém stavu č.6

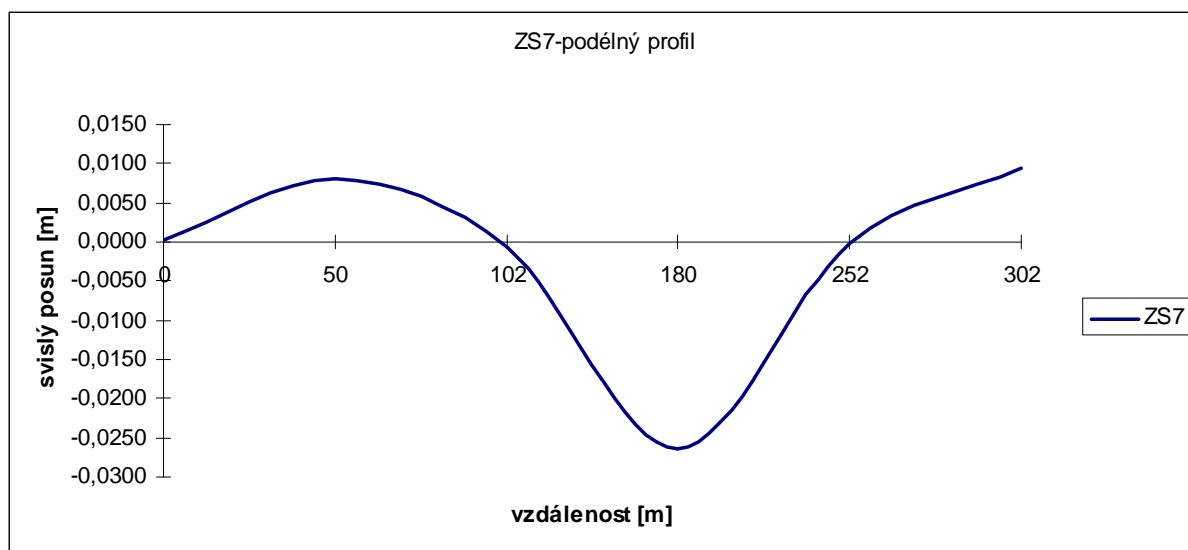
Pro asymetrické zatížení pole č.5 vpravo byly použity opět stejné body jako na předchozích zátěžovacích stavech 5 a 6. Jen bod č.27 byl nahrazen bodem č.37. Ze stejného důvodu jako u zátěžovacího stavu 6. Rozmístění bodů na celém mostě je patrné z přílohy č.1.

Tabulka č.6 Deformace vypočtené při zátěžovém stavu č.7

| Zatížení pole č.5-vpravo ZS7 | | |
|------------------------------|------------------------|-------------------------|
| Číslo bodu | Výšková deformace [mm] | Zbytková deformace [mm] |
| 10 | 0,2 | 0,0 |
| 15 | 7,4 | 0,6 |
| 18 | 8,1 | 0,9 |
| 21 | -0,5 | -0,3 |
| 22 | -0,7 | -0,1 |
| 24 | -25,4 | -2,0 |
| 23 | -25,6 | -2,1 |
| 25 | -26,2 | -2,8 |
| 36 | -25,5 | -2,6 |
| 26 | -26,4 | -2,6 |
| 37 | -26,4 | -2,5 |
| 28 | -26,4 | -2,7 |
| 29 | -26,3 | -2,7 |
| 30 | -0,3 | 0,2 |
| 31 | -0,3 | 0,5 |
| 32 | 8,4 | 1,0 |
| 33 | 9,3 | 0,9 |
| 34 | 9,3 | 1,3 |
| 35 | 9,5 | 1,5 |

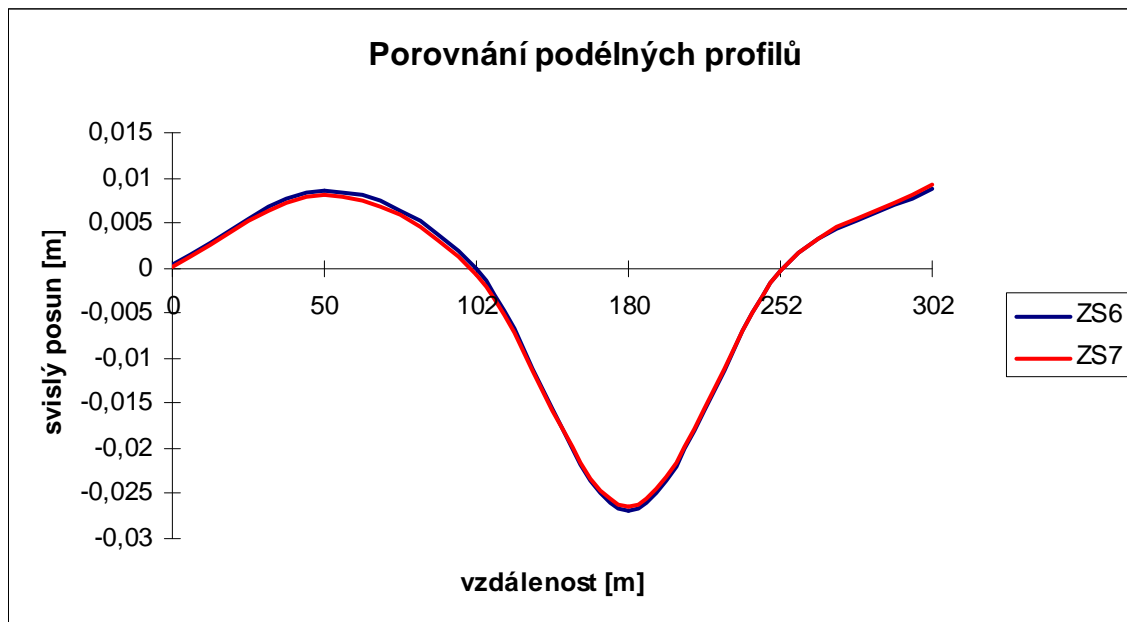
- Body v sousedním poli
s polem zatěžovaným
- Body v ztěžovaném poli
Body na pilířích

Z tabulky číslo 6 je patrné, že u asymetrického zatížení vpravo v poli číslo 5 byla největší hodnota svislého posunu -26,4mm na bodech číslo 26, 28 a 37.



Obr. č.18 Graf podélného profilu při asymetrickém zátěžovém stavu č.7

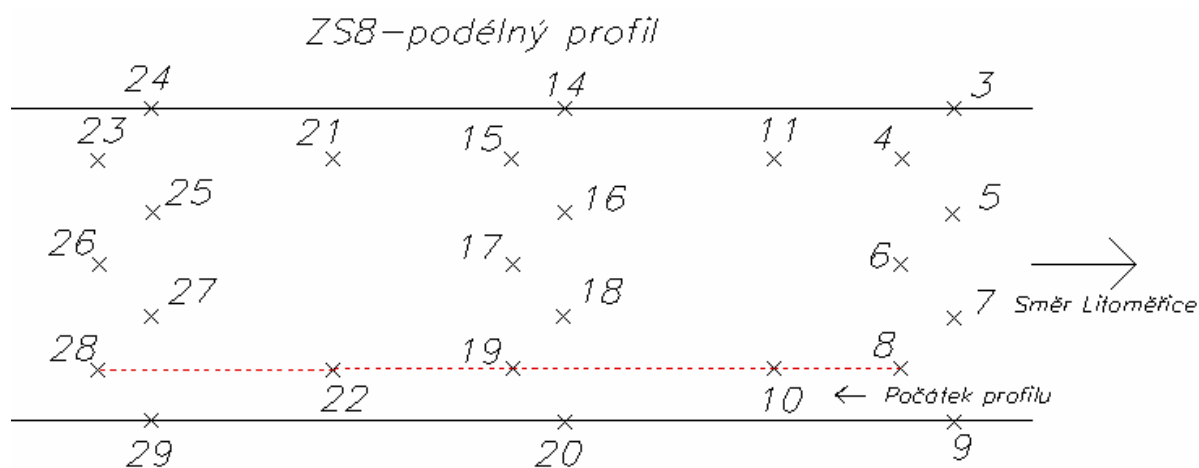
Při porovnání podélných profilů při asymetrickém zatížení v poli číslo 5 je průběh grafu téměř totožný při zatížení na levé i pravé straně.



Obr.č.19 Graf porovnání podélných profilů při dvou asymetrických zatíženích pole č.5

6.2.2 Symetrické zatížení v polích číslo 6 a 7

Další dva zátěžové stavy byly symetrické a na jiných polích mostní konstrukce. Z toho důvodu jsou pro každý z nich použity jiné výškové sledovací body.



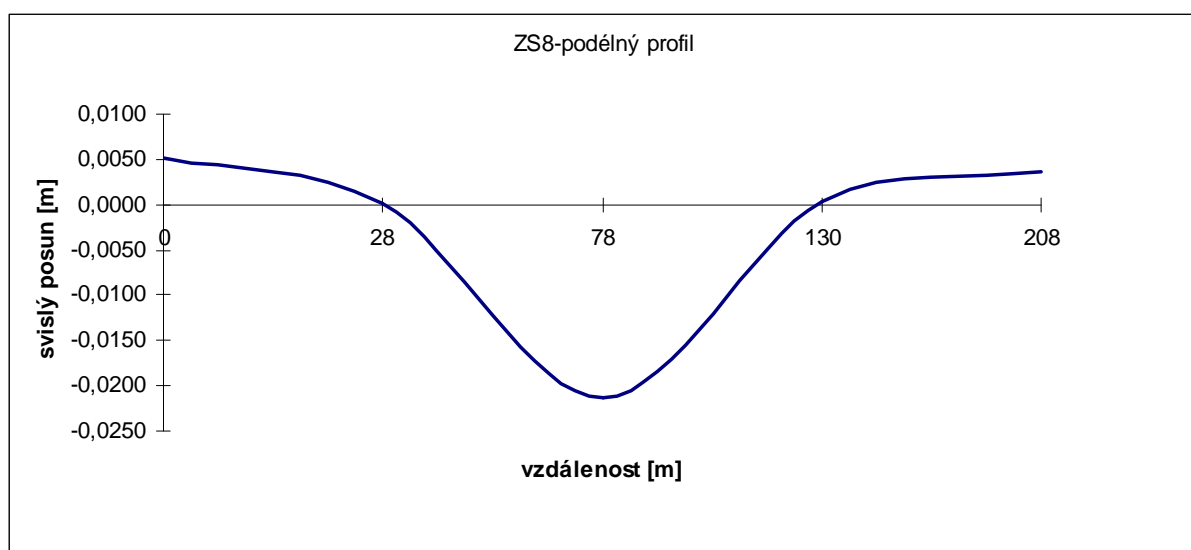
Obr. č.20 Náčrt rozmístění sledovacích bodů v poli číslo 6

Tabulka č.7 Deformace vypočtené při zátěžovém stavu č.8

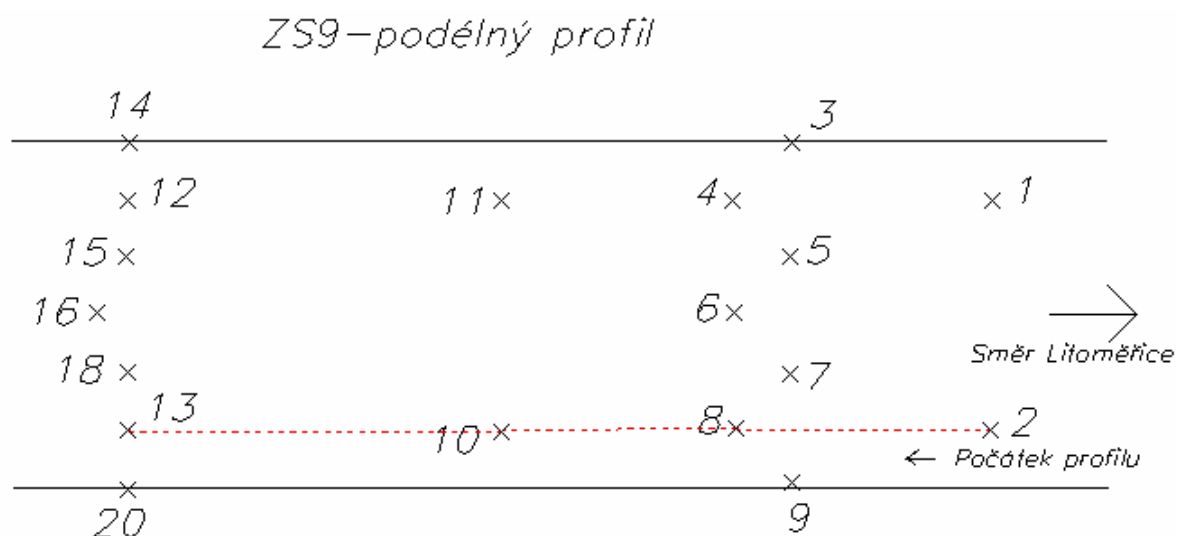
| Zatížení pole č.6-symetricky ZS8 | | |
|----------------------------------|------------------------|-------------------------|
| Číslo bodu | Výšková deformace [mm] | Zbytková deformace [mm] |
| 4 | 5,2 | 0,2 |
| 8 | 5,1 | 0,0 |
| 10 | 0,1 | 0,3 |
| 11 | -0,2 | 0,2 |
| 14 | -20,6 | -0,3 |
| 15 | -20,8 | -0,7 |
| 16 | -21,5 | -1,1 |
| 17 | -21,7 | -1,4 |
| 18 | -21,4 | -1,3 |
| 19 | -21,3 | -1,0 |
| 20 | -21,3 | -1,6 |
| 21 | 0,7 | -0,2 |
| 22 | 0,3 | -0,2 |
| 23 | 4,0 | 0,2 |
| 28 | 3,6 | 0,3 |

- Body v sousedním poli s polem zatěžovaným
- Body v ztěžovaném poli
- Body na pilířích

Při symetrickém zátěžovém stavu číslo 8 byl největší svislý posun -21,7mm na bodě číslo 17.



Obr.č.21 Graf podélného profilu při symetrickém zátěžovém stavu č.8



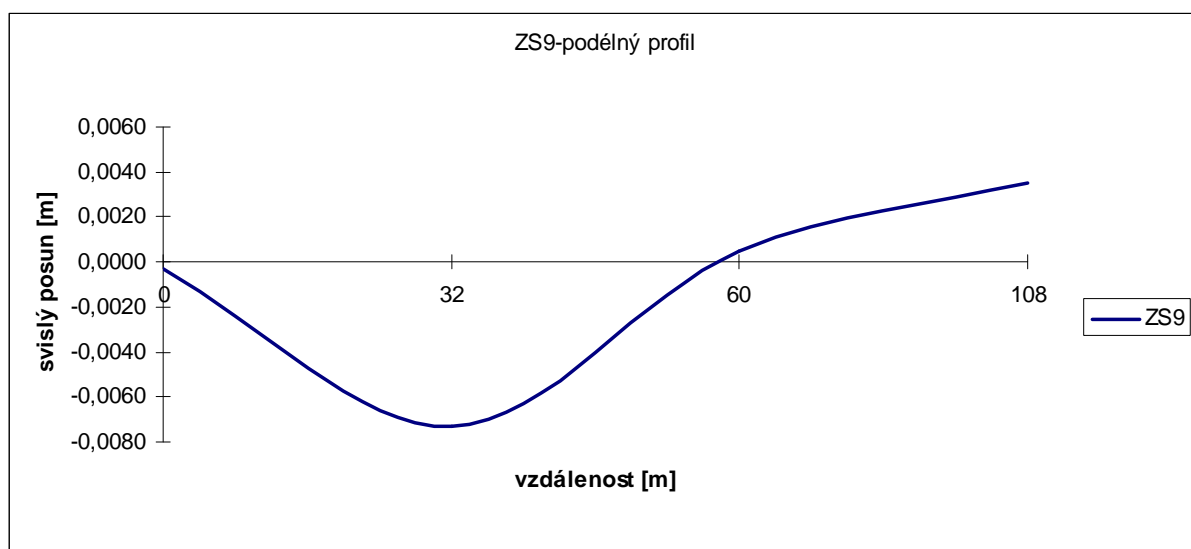
Obr. č.22 Náčrt rozmístění sledovacích bodů v poli číslo 7

Tabulka č.8 Deformace vypočtené při zátěžovém stavu č.9

| Zatížení pole č.7- symetricky ZS9 | | |
|-----------------------------------|------------------------|-------------------------|
| Číslo bodu | Výšková deformace [mm] | Zbytková deformace [mm] |
| 1 | -0,2 | -0,1 |
| 2 | -0,3 | 0,1 |
| 3 | -8,4 | -1,4 |
| 4 | -8,0 | -0,8 |
| 5 | -7,6 | -0,5 |
| 6 | -7,8 | -0,4 |
| 7 | -7,6 | -0,4 |
| 8 | -7,3 | -0,4 |
| 9 | -7,6 | -0,1 |
| 10 | 0,5 | -0,2 |
| 11 | 0,4 | -0,1 |
| 12 | 3,3 | 0,2 |
| 13 | 3,5 | 0,3 |

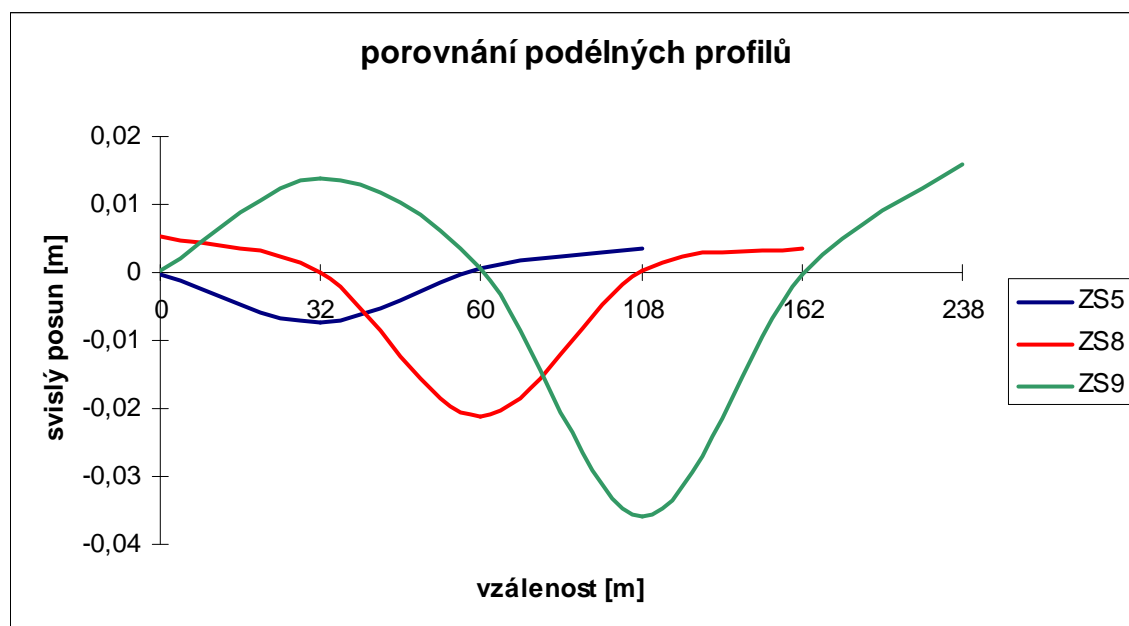
- Body v sousedním poli s polem zatěžovaným
- Body v ztěžovaném poli
- Body na pilířích

Při zátěžovém stavu číslo 9 byl největší vypočtený svislý posun -8,4mm na bodě číslo 3.



Obr. č.23 Graf podélného profilu při symetrickém zátěžovém stavu č.9

Porovnáním podélných profilů při symetrických zatíženích v polích číslo 5, 6 a 7 bylo názorně ukázáno, jak se s rostoucí vzdáleností od počátku mostu zvětšuje průhyb mostní konstrukce.



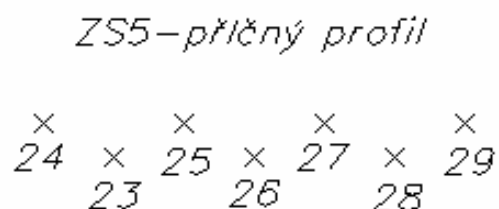
Obr. č.24 Graf porovnání symetrických stavů v polích číslo 5, 6 a 7

6.3 Grafické znázornění příčných profilů:

Pro účely statické zátěžové zkoušky byly naměřené hodnoty z přesné nivelace zpracovány do tabulek pro jednotlivé příčné profily. V nich je uveden výškový a zbytkový posun, celkový průhyb konstrukce a teoretické hodnoty svislého posunu vypočtené statikem při předběžných výpočtech. Tyto profily si statik vyžádal a byly pro statickou zátěžovou zkoušku nejdůležitější.

Uprostřed každého zatěžovaného pole bylo uspořádáno 7 bodů, z kterých byly statikem vybrány 4 pro vytvoření grafů příčných profilů. Hodnoty svislých posunů jsou převzaty z předchozích tabulek. Body na náčrtech jsou umístěny napříč přes vozovku na mostní konstrukci.

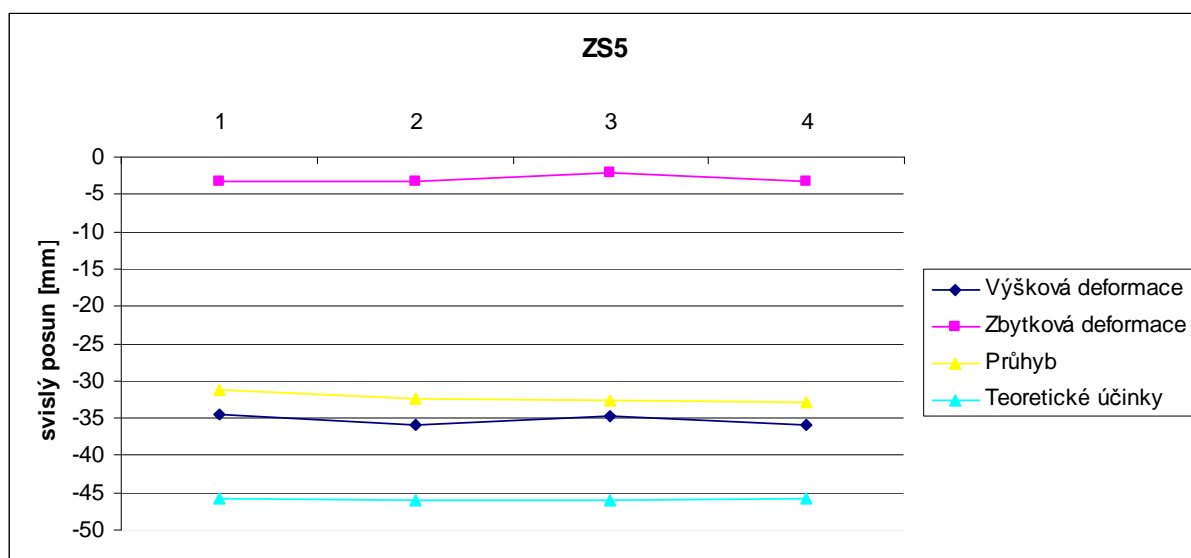
Příčný profil při symetrickém zatížení v poli číslo 5:



Obr.č. 25 Náčrt bodů uprostřed zátěžového stavu č.5

Tabulka č.9 Hodnoty deformací při zátěžovém stavu č.5

| Poloha bodu | Pole5 24 [mm] | Pole5 25 [mm] | Pole5 27 [mm] | Pole5 29 [mm] |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| ZS5 symetrický | -34,6 | -35,8 | -34,8 | -36,0 |
| Zbytková deformace ZS5 | -3,3 | -3,3 | -2,2 | -3,3 |
| Průhyb ZS5 | -31,3 | -32,5 | -32,7 | -32,8 |
| Teoretické hodnoty | -45,8 | -46,0 | -46,0 | -45,7 |



Obr.č.26 Graf deformací v příčném profilu při zátěžovém stavu č.5

Příčný profil při asymetrickém zatížení vlevo v poli číslo 5:

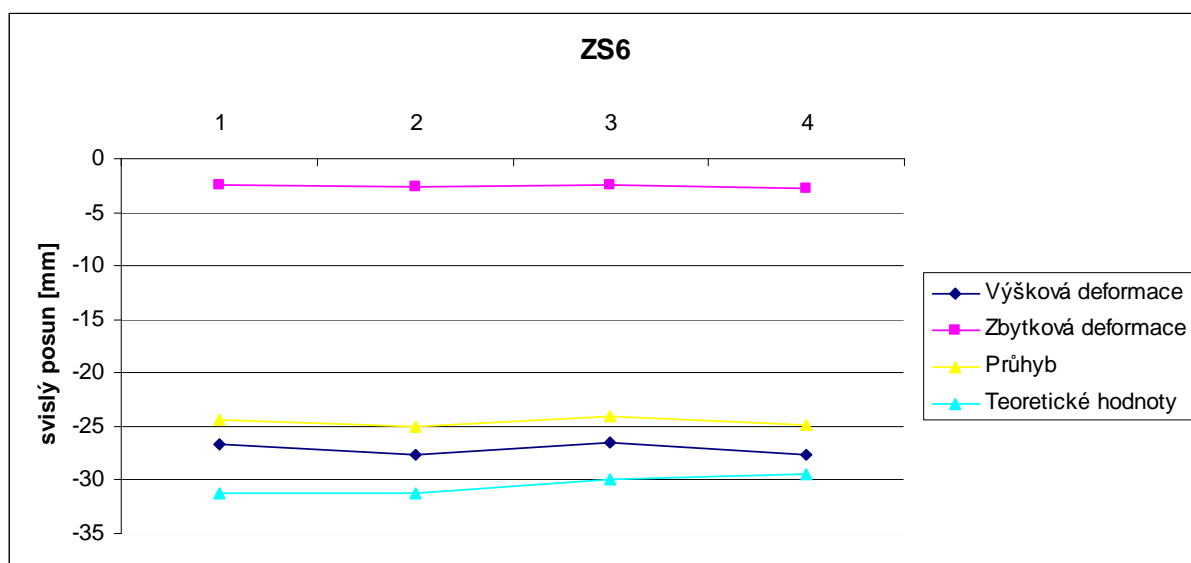
ZS6 – příčný profil

$\begin{matrix} \times & & \times & & \times & & \times \\ 24 & \times & \times & \times & 27 & \times & 29 \\ & 23 & 36 & 26 & & 28 & \end{matrix}$

Obr. č.27 Náčrt bodů uprostřed zátěžového stavu č.6

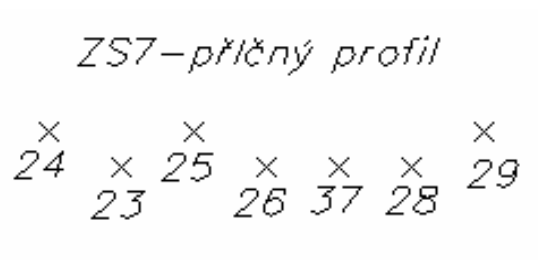
Tabulka č.10 Hodnoty deformací při zátěžovém stavu č.6

| Poloha bodu | Pole5 24 [mm] | Pole5 36 [mm] | Pole5 27 [mm] | Pole5 29 [mm] |
|------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| ZS6 nesymetrický vlevo | -26,7 | -27,7 | -26,5 | -27,6 |
| Zbytková deformace ZS6 | -2,4 | -2,6 | -2,5 | -2,8 |
| Průhyb ZS6 | -24,3 | -25,1 | -24,0 | -24,8 |
| Teoretické hodnoty | -31,3 | -31,3 | -30,0 | -29,5 |



Obr.č.28 Graf deformací v příčném profilu při zátěžovém stavu č.6

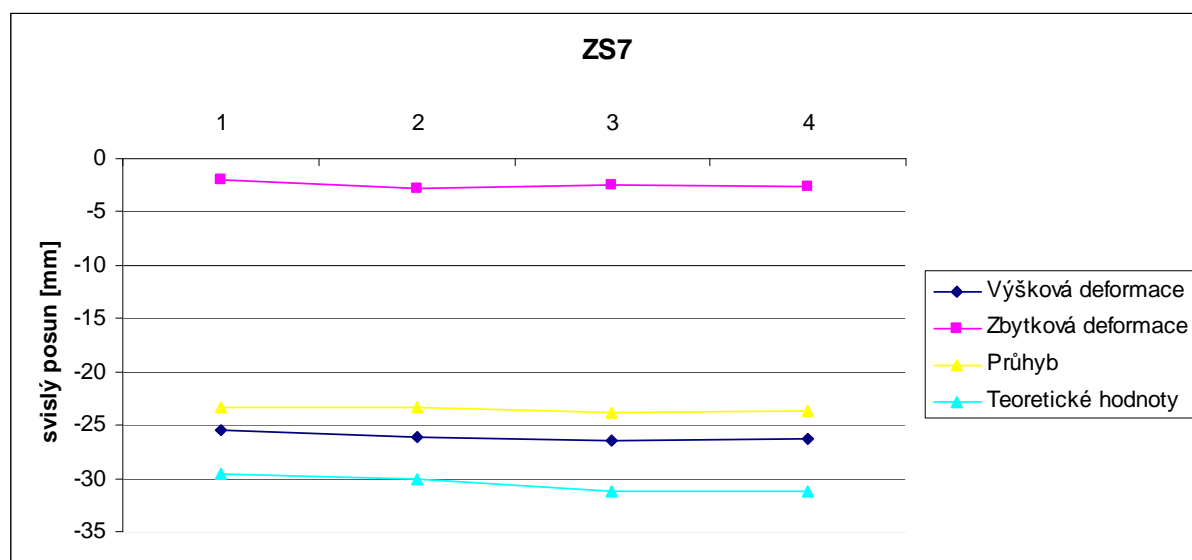
Příčný profil při asymetrickém zatížení vpravo v poli číslo 5:



Obr. č.29 Náčrt bodů uprostřed zátěžového stavu č.7

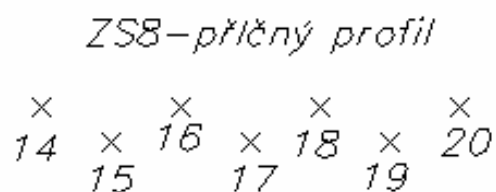
Tabulka č.11 Hodnoty deformací při zátěžovém stavu č.7

| Poloha bodu | Pole5 24 [mm] | Pole5 25 [mm] | Pole5 37 [mm] | Pole5 29 [mm] |
|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| ZS7 nesymetrický vpravo | -25,4 | -26,2 | -26,4 | -26,3 |
| Zbytková deformace ZS7 | -2,0 | -2,8 | -2,5 | -2,7 |
| Průhyb ZS7 | -23,4 | -23,4 | -23,9 | -23,6 |
| Teoretické hodnoty | -29,5 | -30,0 | -31,3 | -31,3 |



Obr.č.30 Graf deformací v příčném profilu při zátěžovém stavu č.7

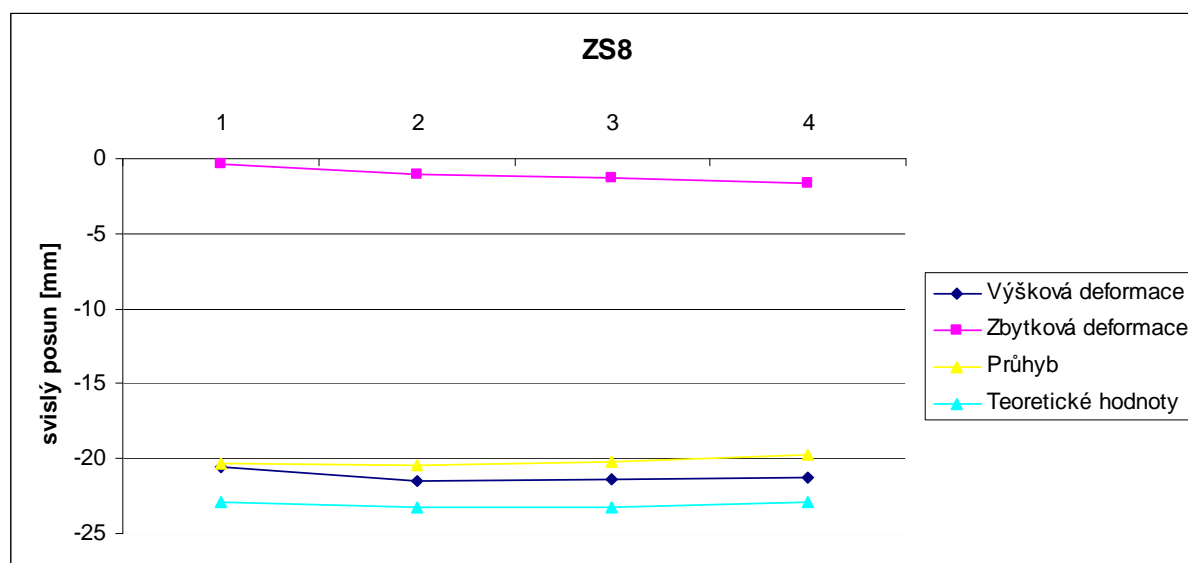
Příčný profil při symetrickém zatížení pole číslo 6:



Obr. č.31 Náčrt bodů uprostřed zátěžového stavu č.8

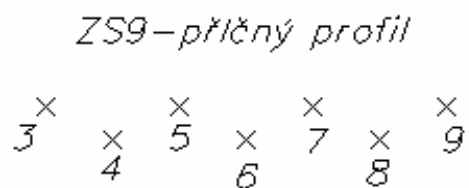
Tabulka č.12 Hodnoty deformací při zátěžovém stavu č.8

| Poloha bodu | Pole6 14 [mm] | Pole6 16 [mm] | Pole6 18 [mm] | Pole6 20 [mm] |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| ZS8 symetrický | -20,6 | -21,5 | -21,4 | -21,3 |
| Zbytková deformace ZS8 | -0,3 | -1,1 | -1,3 | -1,6 |
| Průhyb ZS8 | -20,3 | -20,4 | -20,2 | -19,7 |
| Teoretické hodnoty | -22,9 | -23,2 | -23,2 | -22,9 |



Obr.č.32 Graf deformací v příčném profilu při zátěžovém stavu č.8

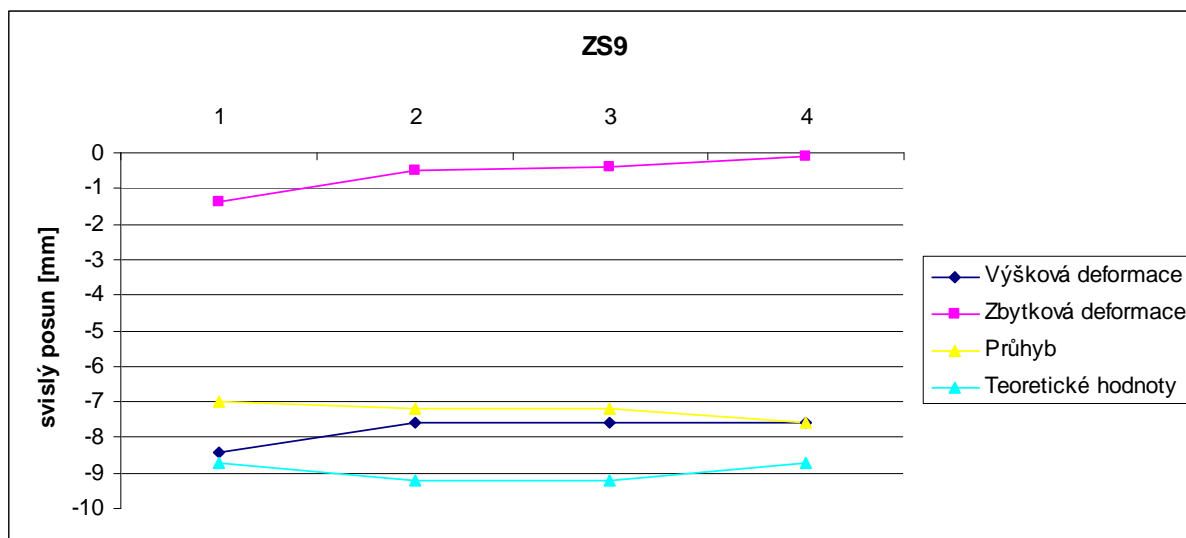
Příčný profil při symetrickém zatížení pole číslo 7:



Obr. č.33 Náčrt bodů uprostřed zátěžového stavu č.9

Tabulka č.13 Hodnoty deformací při zátěžovém stavu č.9

| Poloha bodu | Pole7 3 [mm] | Pole7 5 [mm] | Pole7 7 [mm] | Pole7 9 [mm] |
|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| ZS9 symetrický | -8,4 | -7,6 | -7,6 | -7,6 |
| Zbytková deformace ZS9 | -1,4 | -0,5 | -0,4 | -0,1 |
| Průhyb ZS9 | -7,0 | -7,2 | -7,2 | -7,6 |
| Teoretické hodnoty | -8,7 | -9,2 | -9,2 | -8,7 |



Obr.č.34 Graf deformací v příčném profilu při zátěžovém stavu č.9

6.4 Porovnání hodnot naměřených přesnou nivelací a soustavou inkrementálních snímačů

Na bodech číslo 32 a 35 bylo měřeno zároveň přesnou geometrickou nivelací a soustavou inkrementálních snímačů. Měření bylo prováděno v poli 4 v průběhu symetrického i asymetrických zatěžování pole číslo 5.

Tabulka č.14 Porovnání svislých posunů naměřených různými metodami

| Číslo bodu | Zátěžový stav č.5 | | Zátěžový stav č.6 | | Zátěžový čas č.7 | |
|------------|-------------------|---------|-------------------|---------|------------------|---------|
| | SIS [mm] | PN [mm] | SIS [mm] | PN [mm] | SIS [mm] | PN [mm] |
| 32 | 14,9 | 15,5 | 9,5 | 10,0 | 8,2 | 8,4 |
| 35 | 16,3 | 16,7 | 8,6 | 8,5 | 8,9 | 9,5 |

V tabulce č. 14 jsou vypsány hodnoty naměřené různou metodou. Jelikož jsou body umístěny v sousedním poli s polem zatěžovaným dochází na nich ke zdvihu. Přesnější metodou je měření pomocí inkrementálních snímačů. Z tabulky je vidět, že svislý posun zjištěný pomocí přesné nivelace je odchýlen nejvíce o 0,6 mm.

7 Závěr

Výsledkem mé diplomové práce je zaměření výškových posunů při statické zátěžové zkoušce mostu SO 204 přes Labe. K danému účelu bylo využito jednak přesné geometrické nivelace, jednak speciální soustavy inkrementálních snímačů. Výsledné změny mostní konstrukce jsou přehledně zpracovány v tabulkách a grafech v kapitole 6. Zjištěné údaje nepřekročily meze stanovené statikem při předběžném výpočtu. Na základě výsledků zmíněné zkoušky bylo možno uvést most do trvalého provozu.

8 Seznamy

8.1 Použitá literatura

1. Kubečka, E.: Geodézie a důlní měřictví. 1.vydání, Skripta VŠB-TUO, Ostrava, 1992, 373 stran, ISBN 80-7078-139-4
2. Rapant, P.: Družicové polohové systémy [online]. VŠB-TUO, Ostrava, 2002. Dostupné na WWW: <<http://gis.vsb.cz/dokumenty/dns-gps>>
3. Schenk, J: Měření pohybů a deformací v poklesové kotlině. 2. vydání, Skripta VŠB-TUO, Ostrava, 2005, 177 stran
4. Vykuřil, J.: Vyšší geodézie. 1.vydání, Kartografie Praha,1982, 543 stran
5. ČSN 73 6209 Zátěžovací zkoušky mostů, Praha: Český normalizační institut, 1996, 19 stran
6. ČSN 73 0405 Měření posunů stavebních objektů, Praha: Český normalizační institut, 1997, 10 stran
7. Příprava a program statické zátěžovací zkoušky, Pontex s.r.o., Praha, 2009
8. Podklady pro statickou zátěžovací zkoušku, Pontex s.r.o., Praha 2009
9. Zpráva a zkušební protokol o statické zátěžovací zkoušce, Pontex s.r.o, Praha 2009
10. Nová obrana proti povodni, 2008. Dostupné na WWW: <http://www.metrostav.cz/cz/aktuality/aktualni_informace/detail?id=2003>
11. Nový most přes Labe v Litoměřicích, 2008. Dostupné na WWW: <<http://www.asb-portal.cz/inzenyrske-stavby/dopravni-stavby/novy-most-pres-labe-v-litomericich-517.html>>

8.2 Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obr. č.1 Lokalizace mostu..... | 2 |
| Obr. č.2 Zatěžovaný most..... | 4 |
| Obr. č. 3 Ukázka rozmístění bodů v zátěžovém poli..... | 7 |
| Obrázek č.4 Zatěžovací vozidla Mercedes Actros 3336..... | 10 |
| Obr. č.5 Váhový lístek..... | 11 |
| Obr. č.6 Observační schéma RTK..... | 13 |
| Obr. č.7 Aparatura GPS..... | 14 |
| Obr. č.8 Rozmístění výškových sledovacích bodů při zatěžování v poli č.6..... | 16 |
| Obr. č.9 Ukázka rozmístění vozidel..... | 16 |
| Obr. č.10 Nivelační přístroj Trimble DiNi..... | 19 |
| Obr. č.11 Schéma rozmístění vozidel při symetrickém zatížení..... | 21 |
| Obr. č. 12 Schéma rozmístění vozidel při asymetrickém zatížení vpravo..... | 23 |
| Obr. č.13 Ukázka rozmístění vozidel při asymetrickém zatížení vlevo..... | 24 |
| Obr. 14 SIS..... | 26 |
| Obr. č.15 Náčrt rozmístění sledovacích bodů v poli číslo 5..... | 29 |
| Obr. č.16 Graf podélného profilu při symetrickém zátěžovém stavu č.5..... | 30 |
| Obr. č.17 Graf podélného profilu při asymetrickém zátěžovém stavu č.6..... | 32 |
| Obr. č.18 Graf podélného profilu při asymetrickém zátěžovém stavu č.7..... | 33 |
| Obr.č.19 Graf porovnání podélných profilů při dvou asymetrických zatíženích pole č.5..... | 34 |
| Obr. č.20 Náčrt rozmístění sledovacích bodů v poli číslo 6..... | 34 |
| Obr.č.21 Graf podélného profilu při symetrickém zátěžovém stavu č.8..... | 35 |
| Obr. č.22 Náčrt rozmístění sledovacích bodů v poli číslo 7..... | 36 |
| Obr. č.23 Graf podélného profilu při symetrickém zátěžovém stavu č.9..... | 37 |
| Obr. č.24 Graf porovnání symetrických stavů v polích čísl 5, 6 a 7..... | 37 |
| Obr.č. 25 Náčrt bodů uprostřed zátěžového stavu č.5..... | 38 |
| Obr.č.26 Graf deformací v příčném profilu při zátěžovém stavu č.5..... | 39 |
| Obr. č.27 Náčrt bodů uprostřed zátěžového stavu č.6 | 39 |
| Obr.č.28 Graf deformací v příčném profilu při zátěžovém stavu č.6..... | 40 |

| | |
|--|----|
| Obr. č.29 Náčrt bodů uprostřed zátěžového stavu č.7..... | 40 |
| Obr.č.30 Graf deformací v příčném profilu při zátěžovém stavu č.7..... | 41 |
| Obr. č.31 Náčrt bodů uprostřed zátěžového stavu č.8..... | 41 |
| Obr.č.32 Graf deformací v příčném profilu při zátěžovém stavu č.8..... | 42 |
| Obr. č.33 Náčrt bodů uprostřed zátěžového stavu č.9..... | 42 |
| Obr.č.34 Graf deformací v příčném profilu při zátěžovém stavu č.9..... | 43 |

8.3 Seznam tabulek

| | |
|---|----|
| Tabulka č.1 Ukázka výpočetní tabulky s porovnáním jednotlivých etapa..... | 28 |
| Tabulka č.2 Ukázka výpočetní tabulky s porovnáním jednotlivých etapa..... | 28 |
| Tabulka č.3 Dosažené přesnosti geometrické nivelace při jednotlivých etapách..... | 29 |
| Tabulka č.4 Deformace vypočtené při zátěžovém stavu č.5..... | 30 |
| Tabulka č.5 Deformace vypočtené při zátěžovém stavu č.6..... | 31 |
| Tabulka č.6 Deformace vypočtené při zátěžovém stavu č.7..... | 32 |
| Tabulka č.7 Deformace vypočtené při zátěžovém stavu č.8..... | 35 |
| Tabulka č.8 Deformace vypočtené při zátěžovém stavu č.9..... | 36 |
| Tabulka č.9 Hodnoty deformací při zátěžovém stavu č.5..... | 38 |
| Tabulka č.10 Hodnoty deformací při zátěžovém stavu č.6..... | 39 |
| Tabulka č.11 Hodnoty deformací při zátěžovém stavu č.7..... | 40 |
| Tabulka č.12 Hodnoty deformací při zátěžovém stavu č.8..... | 41 |
| Tabulka č.13 Hodnoty deformací při zátěžovém stavu č.9..... | 42 |
| Tabulka č.14 Porovnání svislých posunů naměřených různými metodami..... | 43 |

8.4 Seznam příloh

1. Poloha sledovacích bodů
2. Časový harmonogram
3. Data k RTK
4. Nivelační zápisník – soubor *.niv
5. Tabulky pro zpracování výšek

